



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ALTERNATIF PERENCANAAN PERBAIKAN
TANAH DASAR DAN PERKUATAN DINDING PADA
KONSTRUKSI UNDERPASS LORI STA 30+658 (Studi
Kasus Proyek Tol Gempol-Pasuruan)**

ADITYA WINAHYO EKA PUTRA
NRP.3116105058

Dosen Pembimbing I
Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ALTERNATIF PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH
DASAR DAN PERKUATAN DINDING PADA
KONSTRUKSI UNDERPASS LORI STA 30+658 (Studi
Kasus Proyek Tol Gempol-Pasuruan)**

ADITYA WINAHYO EKA PUTRA
NRP.3116105058

Dosen Pembimbing I
Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**ALTERNATE DESIGN FOR GROUND SOIL
IMPROVEMENT AND RETAINING WALL ON LORI
UNDERPASS CONSTRUCTION STA 30+658 (Case Study
Gempol-Pasuruan Toll Road Project)**

ADITYA WINAHYO EKA PUTRA
NRP.3116105058

Academic Supervisor I
Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

Academic Supervisor II
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environment and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

**ALTERNATIF PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH
DASAR DAN PERKUATAN DINDING PADA
KONSTRUKSI UNDERPASS LORI STA 30+658 (Studi
Kasus Proyek Tol Gempol-Pasuruan)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ADITYA WINAHYO EKA PUTRA

NRP. 3116105058

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Prof. Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc., Ph.D.
2. Putu Tantri Kumala Sari M.T.



**SURABAYA
JULI, 2018**

**ALTERNATIF PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH
DASAR DAN PERKUATAN DINDING PADA
KONSTRUKSI UNDERPASS LORI STA 30+658
(Studi Kasus Proyek Tol Gempol-Pasuruan)**

Nama : Aditya Winahyo Eka Putra
NRP : 03111645000058
Jurusan : Teknik Sipil - FTSP
Pembimbing I : Prof. Noor Endah Mochtar, MSc., Ph.D.
Pembimbing II : Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

Abstrak

Proyek konstruksi tol Gempol-Pasuruan merupakan proyek jalan tol yang menghubungkan antara wilayah Gempol dan Pasuruan. Proyek yang akan ditinjau merupakan pembangunan seksi 3 yang menghubungkan Grati hingga Pasuruan. Pada sekitar lokasi proyek tol tersebut banyak ditemukan industri tebu. Adanya jalan untuk kereta industri tebu yang memotong timbunan jalan tol maka konstruksi underpass perlu dibangun agar kereta tebu dapat melintasi konstruksi timbunan jalan tol tanpa harus berjalan memutar.

Permasalahan yang umumnya terjadi pada pembangunan konstruksi underpass adalah pemampatan tanah dasar akibat beban lateral dan tekanan tanah pada dinding underpass. Lamanya waktu pemampatan yang terjadi dan pemampatan yang besar merupakan permasalahan yang harus ditanggulangi agar konstruksi tidak mengalami kerusakan. Besarnya tekanan tanah terhadap konstruksi underpass yang berada didalam tanah juga perlu diperhitungkan sehingga diperlukan konstruksi perkuatan dinding untuk penahan tanah.

Perkuatan untuk dinding penahan tanah akan digunakan dua alternatif, yaitu geotextile-wall dengan box tunnel dan reinforced-geogrid wall dengan bridge structure. Sedangkan untuk mengatasi masalah lamanya waktu pemampatan dan besar

pemampatan yang terjadi maka akan digunakan metode perbaikan tanah dasar Pre-loading dan metode perbaikan tanah dasar menggunakan PVD (pre fabricated vertical drain).

Hasil dari perencanaan dapat diketahui bahwa alternatif box tunnel dengan perbaikan tanah dasar menggunakan metode preloading dan pvd serta perkuatan dinding dengan metode geotextile-wall merupakan pilihan alternatif yang paling efisien dari segi biaya dan efisien dalam hal kebutuhan material.

Kata kunci : Underpass , preloading , PVD , Geotextile , Reinforced-wall .

**ALTERNATE DESIGN FOR GROUND SOIL
IMPROVEMENT AND RETAINING WALL ON LORI
UNDERPASS CONSTRUCTION STA 30+658
(Case Study Gempol-Pasuruan Toll Road Project)**

Name : Aditya Winahyo Eka Putra
NRP : 03111645000058
Department : Teknik Sipil - FTSP
Supervisor I : Prof. Noor Endah Mochtar, MSc., Ph.D.
Supervisor II : Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

Abstract

Construction project of Gempol-Pasuruan toll road is a toll road project that connecting between Gempol and Pasuruan area. The project that will be reviewed is the construction of section 3 that connects Grati to Pasuruan city. At about the project location mostly found the sugar cane industry. The existance of the sugar cane industrial path that cut the embankment of the toll road so the underpass construction needs to be built the the sugar cane industrial train can be able to cross the embankment without turning around.

The general problem that occur in underpass construction are about the settlement cause by the lateral load and soil pressure on the underpass wall. The time length of settlement that happen and a big settlement are the problem that must be repaired in order to prevent construction from damaged.. the magnitude of soil pressure againts underpass construction that located in the ground need to be calculated so it required construction method of retaining wall for ground anchoring.

Two alternatives will be use for retaining wall, geotextile-wall with box tunnel and reinforced-geogrid wall with bridge structure. Otherwise, to overcome the problem about the time length of settlement and the magnitude of the settlement that

happen it will be used ground improvement method with preloading and pre fabricated vertical drain (PVD).

The result of the planning can be known that box tunnel alternative with preloading and pvd method for soil improvement as well as retaining wall with geotextile-wall method is the most efficient alternative option in terms of cost and the most efficient in terms of material needs.

Keywords : Underpass , preloading , PVD , Geotextile , Reinforced-wall

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “ALTERNATIF PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH DASAR DAN PERKUATAN TIMBUNAN PADA KONSTRUKSI UNDERPASS LORI STA 30+658 (Studi Kasus Proyek Tol Gempol-Pasuruan)” tepat pada waktunya. Adapun maksud dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis dalam melaksanakan pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun telah mendapat bimbingan dan pengarahan serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada Ibu Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama tugas akhir dan juga kepada ibu Putu Tantri Kumala Sari, S.T, M.T. selaku pembimbing kedua dalam proses menyelesaikan tugas akhir.

Demikianlah Tugas Akhir ini dibuat, semoga dapat memberikan manfaat bagi pembaca khususnya bagi mahasiswa/i Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Makalah.....	5
1.5 Manfaat Makalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Analisis Data Tanah	7
2.2.1 Pendekatan Statistik.....	7
2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris.....	8
2.3 Perencanaan <i>Tinggi Final Timbunan</i>	9
2.4 Perencanaan Tinggi Inisial Timbunan.....	9
2.4.1 Tegangan <i>Overburden</i>	10
2.4.2 Tegangan Pra-konsolidasi.....	10
2.4.3 Koefisien pemampatan.....	11
2.4.4 Besarnya Pemampatan.....	11
2.4.5 Pemampatan Konsolidasi Primer (<i>Primary Consolidation</i>).....	11
2.4.6 Beban Lalu Lintas.....	16

2.5	Perencanaan Percepatan Pemampatan dengan <i>Pre-loading</i> Timbunan.....	16
2.5.1	Waktu Konsolidasi.....	17
2.5.2	Koefisien Pengaliran.....	19
2.5.3	Jarak dan Pola Pemasangan PVD	20
2.6	Perencanaan Timbunan Bertahap serta Peningkatan Daya Dukungnya	20
2.7	Analisa Stabilitas Timbunan	23
2.8	Perencanaan Timbunan Bersisi Tegak	24
2.8.1	Tekanan Tanah Kesamping.....	24
2.8.2	Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Rankine.....	24
2.8.3	Geotextile Wall Reinforcement	25
2.8.4	<i>Internal Stability (Geotextile Wall Reinforcement)</i>	25
2.8.5	Kebutuhan geotextile (Geotextile Wall Reinforcement).....	26
2.8.6	<i>External Stability (Geotextile Wall Reinforcement)</i>	28
2.8.7	Geogrid Wall Reinforcement	30
2.8.8	Retaining Wall Reinforcement Wall.....	31
2.9	<i>Bridge Structure</i>	33
2.10	Pembebanan <i>Bridge Structure</i>	33
2.10.1	Beban Mati.....	33
2.10.2	Beban Lajur “D”	34
2.10.3	Intensitas beban “D”	34

2.10.4	Beban truk “T”	35
2.10.5	Besaran pembebanan truk “T”	35
2.11	Perencanaan Micropile	36
2.12	Perencanaan Tiang Pancang	37
2.12.1	Kapasitas Daya Dukung dan Ketahanan Pondasi Kelompok Tiang.....	39
2.13	<i>Box Culvert</i>	44
BAB III METODOLOGI.....		47
3.1	Diagram alir.....	47
3.2	Pengumpulan Data	49
3.3	Studi Literatur.....	49
3.4	Perbaikann Tanah Metode Preloading.....	50
3.5	Perencanaan Perkuatan Dinding Penahan Tanah	51
3.6	Perhitungan Volume Material	52
3.7	Perhitungan Biaya dan Kesimpulan	52
BAB IV ANALISA DATA PERENCANAAN.....		53
4.1	Data Tanah Dasar	53
4.2	Data Tanah Timbunan	57
4.3	Data Spesifikasi Material	57
4.4	Data Dimensi <i>Underpass</i> dan Timbunan	58
BAB V ANALISA PERENCANAAN.....		63
5.1	Perencanaan Timbunan	63
5.1.1	Perhitungan Waktu Pemampatan Tanpa PVD	63
5.1.2	Perencanaan Preloading dan PVD	65
5.1.3	Perencanaan Timbunan Bertahap	75

5.1.4	Perkuatan Timbunan	81
5.1.4.1	Timbunan Miring	78
5.1.4.2	Timbunan Tegak Geotextile-Wall	86
5.1.4.3	Timbunan Tegak Reinforced-Wall.....	95
5.2	Perencanaan Underpass	106
5.2.1	Perhitungan Settlement akibat konstruksi underpass.....	106
5.2.2	Perencanaan Preloading dan PVD	108
5.2.3	Perbaikan tanah dasar dengan tiang pancang.....	109
5.3	Perencanaan Bridge Structure	113
5.3.1	Pembebanan pada Bridge Structure	113
5.3.2	Perencanaan tiang pancang	126
5.4	Perhitungan Biaya Material.....	130
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		133
6.1	Kesimpulan.....	133
6.2	Saran.....	134
DAFTAR PUSTAKA.....		135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Layout Jalan tol Gempol-Pasuruan.....	2
Gambar 1.2 Tampak atas konstruksi <i>underpass</i> STA 30+658.....	2
Gambar 1.3 Potongan <i>underpass</i> pada proyek tol Gempol-Pasuruan.....	3
Gambar 2.1 Korelasi koefisien konsolidasi tanah (C_v) dengan nilai Liquid Limit.....	8
Gambar 2.2 Visualisasi dan Notasi $\Delta\sigma'$	13
Gambar 2.3 Kurva I (<i>influence factor</i>) untuk beban trapesium menerus yang dapat digunakan untuk perhitungan timbunan.....	15
Gambar 2.4 Kurva I (<i>influence factor</i>) untuk beban merata segi empat yang dapat digunakan untuk perhitungan beban perkerasan.....	15
Gambar 2.5 Grafik hubungan antara beban lalu lintas dan tinggi timbunan.....	16
Gambar 2.6 Macam-macam tipe arah aliran pori dengan U_v tetap.Gambar.....	17
Gambar 2.7 Pembagian zona kekuatan tanah.....	21
Gambar 2.8 Pembagian zona C_u baru timbunan jalan dengan “berm” sebagai “counterweight”.....	22
Gambar 2.9 Grafik untuk menentukan besarnya σ_{HL}	26
Gambar 2.10 Sketsa <i>Geotextile Wall Reinforcement</i> dibutuhkan.....	27
Gambar 2.11 <i>External stability geotextile wall</i> a.guling, b.geser, c.amblas.....	29
Gambar 2.12 Aplikasi <i>keystone/reinforced earth wall</i>	32
Gambar 2.13 Beban Lajur “D”.....	35
Gambar 2.14 Pembebanan Truk “T” (500 kN).....	36

Gambar 2.15 Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi...	41
Gambar 2.16 Koefisien-koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada kondisi I.....	42
Gambar 2.17 Koefisien-Koefisi untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II.....	43
Gambar 2.18 Koefisien-Koefisi untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi III.....	44
Gambar 2.17 tipikal <i>box culvert</i>	45
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir.....	48
Gambar 4.1 Grafik parameter tanah menurut <i>Gravity specific</i> (Gs) dan <i>Water Content</i> (Wc).....	54
Gambar 4.2 Grafik Parameter tanah menurut berat jenis tanah kering (λ_d), plasticity index (PI) dan sudut geser tanah (ϕ).....	55
Gambar 4.4 Ilustrasi potongan memanjang konstruksi.....	59
Gambar 4.5 <i>Cross Section</i> STA 30+350 H = 6,5 m.....	59
Gambar 4.6 <i>Cross Section</i> STA 30+500 H = 7,5 m.....	59
Gambar 4.7 <i>Cross Section</i> STA 30+700 H = 8,5 m.....	60
Gambar 4.8 <i>Cross Section</i> STA 30+950 H = 9,5 m.....	60
Gambar 4.10 Sketsa ilustrasi kekuatan Reinforced-Wall.....	61
Gambar 5.1 Penampang melintang <i>box tunnel</i>	63
Gambar 5.2 Sketsa lapisan tanah yang ditinjau.....	66
Gambar 5.3 Grafik hubungan H-Initial dan H-Final.....	71
Gambar 5.4 Grafik hubungan H-Final dan <i>Settlement</i>	72
Gambar 5.5 Grafik hubungan antara derajat konsolidasi (\bar{U}) dan waktu.....	75
Gambar 5.6 Permodelan penimbunan H = 4,5 m dengan Cu baru.....	78

Gambar 5.7 Permodelan Penimbunan H= 5,5 m dengan Cu baru.....	79
Gambar 5.8 Grafik <i>Settlement</i> akibat penimbunan bertahap H initial = 10 m H Final = 6,5 m.....	80
Gambar 5.9 Grafik <i>Settlement</i> akibat penimbunan bertahap H Initial = 11 m H Final = 7,5 m.....	80
Gambar 5.10 Grafik <i>Settlement</i> akibat penimbunan bertahap H Initial = 12,5 m H Final = 8,5 m.....	81
Gambar 5.11 Grafik <i>Settlement</i> akibat penimbunan bertahap H initial = 13,4 m H Final = 9,5 m.....	81
Gambar 5.12 Bidang longsor timbunan STA 30+350 H=6,5 m.....	82
Gambar 5.13 Bidang longsor timbunan STA 30+500 H=7,5 m.....	83
Gambar 5.14 Bidang longsor timbunan STA 30+700 H=8,5 m.....	83
Gambar 5.15 Bidang longsor timbunan STA 30+950 H=9,5 m.....	84
Gambar 5.16 Hasil perencanaan Geotextile H=6,5 m.....	91
Gambar 5.17 Hasil perencanaan Geotextile H = 7,5 m.....	92
Gambar 5.18 Hasil perencanaan Geotextile H = 8,5 m.....	92
Gambar 5.19 Hasil perencanaan Geotextile H = 9,5 m.....	92
Gambar 5.20 Gambar rencana <i>geotextile-wall</i> sisi kiri.....	95
Gambar 5.21 Gambar rencana <i>geotextile-wall</i> sisi kanan.....	95
Gambar 5.22 Nilai SF tiap kemungkinan bidang longsor sisi kiri.....	97
Gambar 5.23 Nilai SF tiap kemungkinan bidang longsor sisi kanan.....	98
Gambar 5.24 Grafik NAVFAC, DM-7, 1971.....	100
Gambar 5.25 Grafik NAVFAC, DM-7, 1971.....	101
Gambar 5.23 ilustrasi Titik Koordinat Bidang Longsor.....	101

Gambar 5.26	Gambar Rencana pemasangan <i>micropiles</i>	103
Gambar 5.27	Gambar rencana pemasangan <i>micropiles</i> tampak atas.....	103
Gambar 5.28	Penentuan jarak pasang geogrid.....	104
Gambar 5.29	Sketsa ilustrasi letak tiang pancang.....	109
Gambar 5.30	Sketsa tiang pancang dibawah konstruksi <i>underpass</i>	112
Gambar 5.31	Sketsa desain <i>reinforced-wall</i> dan <i>bridge structure</i>	113
Gambar 5.32	potongan melintang jembatan.....	113
Gambar 5.33	Potongan melintang jembatan.....	114
Gambar 5.34	Potongan tinjauan perencanaan plat jembatan....	114
Gambar 5.35	Potongan melintang jembatan.....	117
Gambar 5.36	Potongan Tinjauan Perencanaan Balok.....	117
Gambar 5.37	Sketsa dimensi Poer.....	119
Gambar 5.38	Peta percepatan puncak batuan dasar (PGA).....	119
Gambar 5.39	Peta respons spektra percepatan 0,2 s.....	120
Gambar 5.40	Grafik daya dukung ijin tiang pancang.....	126
Gambar 5.41	Desain tiang pancang pada poer.....	127
Gambar 5.42	Grafik untuk menentukan nilai f	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variasi Faktor Waktu terhadap Derajat Konsolidasi (Das, 1985).....	18
Tabel 2.2 Berat isi untuk beban mati.....	33
Tabel 2.3 Faktor beban untuk berat sendiri.....	34
Tabel 2.4 faktor beban lajur “D”.....	34
Tabel 2.5 faktor beban “T”.....	35
Tabel 4.1 Tabel rekapitulasi parameter tanah STA 32+000.....	53
Tabel 4.2 Tabel rekapitulasi parameter tanah STA 31+000.....	53
Tabel 4.2 Rekapitulasi Data tanah.....	56
Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Tanah.....	56
Tabel 5.1 Rekapitulasi data nilai Cv dan perhitungan.....	64
Tabel 5.2 Harga H-Initial,H-Final dan Sc.....	71
Tabel 5.3 Rekapitulasi H-initial,H-Final dan Sc.....	73
Tabel 5.4 Kebutuhan lapis geotextile pada timbunan miring 1:2 H = 6,5 m SF = 0,802.....	85
Tabel 5.5 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA 30+350 H=6,5 m.....	86
Tabel 5.6 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA 30+500 H=7,5 m.....	86
Tabel 5.7 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA 30+700 H=8,5 m.....	86
Tabel 5.8 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA 30+950 H=9,5 m.....	87
Tabel 5.9 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA 30+350 H = 6,5 m.....	89
Tabel 5.10 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA 30+500 H = 7,5 m.....	90

Tabel 5.11 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA 30+700 H = 8,5 m	90
Tabel 5.12 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA 30+950 H = 9,5 m	90
Tabel 5.13 Rekapitulasi nilai M res dan jari-jari lengan tiap SF sisi kiri	98
Tabel 5.14 Rekapitulasi nilai M res dan jari-jari lengan tiap SF sisi kanan	98
Tabel 5.15 Rekapitulasi perhitungan nilai N-Spt	120
Tabel 5.16 Tabel perhitungan kombinasi 1,2,3 dan 4	125
Tabel 5.17 Tabel perhitungan kombinasi 5 (x)	125
Tabel 5.18 Tabel perhitungan kombinasi 5 (y)	125
Tabel 5.19 Rekapitulasi Kombinasi pembebanan	125
Tabel 5.20 Rekapitulasi perhitungan P max dan P min tiap kombinasi	128
Tabel 5.21 Tabel Rekapitulasi perhitungan biaya pekerjaan timbunan	131
Tabel 5.22 Rekapitulasi perhitungan biaya perkuatan dinding <i>geotextile-wall</i> dan konstruksi <i>box tunnel</i>	131
Tabel 5.23 Rekapitulasi perhitungan perbaikan tanah dasar <i>underpass</i> dengan <i>preloading</i>	131
Tabel 5.24 Rekapitulasi perhitungan perbaikan tanah dasar <i>underpass</i> dengan tiang pancang	131
Tabel 5.25 Tabel rekapitulasi perhitungan biaya pekerjaan timbunan	132
Tabel 5.26 Tabel rekapitulasi perhitungan biaya pekerjaan reinforced-wall dan bridge structure	132

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

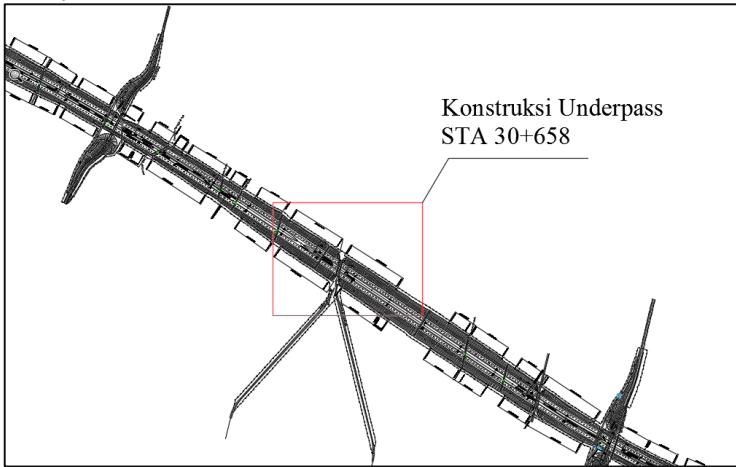
Pemerintah Indonesia saat ini sedang menjalankan program pembangunan infrastruktur nasional dalam skala besar. Pembangunan jalan tol, bandar udara, pelabuhan, jembatan dan lain sebagainya dilaksanakan untuk mendukung sarana dan prasarana untuk menunjang pertumbuhan ekonomi di Indonesia dan diharapkan dapat terjadinya pemerataan pembangunan hingga ke pelosok negeri. Salah satu infrastruktur vital untuk pemerataan pembangunan adalah jalan bebas hambatan.

Jalan bebas hambatan merupakan salah satu infrastruktur penting untuk menunjang mobilitas transportasi di Indonesia. Jalan bebas hambatan dapat dilalui berbagai macam kendaraan, mulai dari kendaraan kecil hingga truck besar bermuatan peti kemas. Hal ini tentu sangat mendukung pertumbuhan ekonomi karena dapat membuka akses hingga ke pelosok negeri.

Pada pemerintahan Jokowi, program pembangunan jalan bebas hambatan sangat ditingkatkan. Salah satunya adalah jalan bebas hambatan Gempol-Pasuruan. Proyek jalan bebas hambatan Gempol-Pasuruan merupakan rencana pembangunan jalan tol Trans Jawa dari Merak hingga Banyuwangi. Dengan adanya jalan tol ini diharapkan akan memacu pertumbuhan ekonomi di sekitar kawasan yang dilaluinya. Proyek jalan bebas hambatan Gempol-Pasuruan memiliki panjang proyek konstruksi sepanjang 34,15 km.

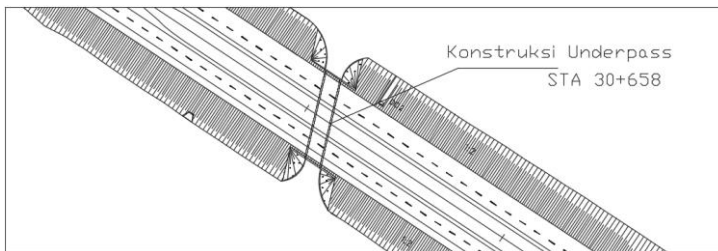
Pembangunan Jalan Tol Gempol-Pasuruan seksi 3 memiliki bentang sepanjang 5,852 km mulai dari STA 28+000 hingga STA 33+852 , Pada STA 30+658 terdapat rel kereta untuk kereta tebu. Rel kereta tersebut memotong konstruksi jalan tol, sehingga diperlukan bangunan penunjang untuk menghubungkan rel tersebut. Untuk itu direncanakan pembangunan konstruksi *underpass*. Untuk denah layout dan tampak atas konstruksi *underpass* dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2. sedangkan untuk potongan *underpass* dapat dilihat pada Gambar 1.3.

Underpass merupakan struktur yang berada di bawah tanah. Pada proyek Jalan tol Gempol-Pasuruan *underpass* ini dibangun di atas tanah asli tetapi terdapat di dalam tanah timbunan jalan tol. Pembangunan *underpass* di tanah keras kemungkinan besar tidak akan menimbulkan masalah. Tetapi sebagai perencana tetap harus melakukan peninjauan kembali terhadap kondisi tanahnya.



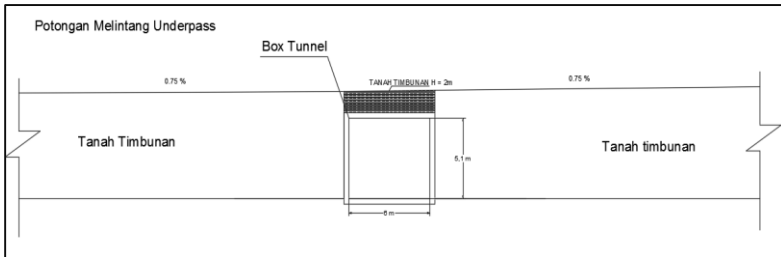
Gambar 1.1 Layout Jalan tol Gempol-Pasuruan

Sumber : Jasamarga Pasuruan



Gambar 1.2 Tampak atas konstruksi *underpass* STA 30+658

Sumber :Jasamarga Pasuruan



Gambar 1.3 Potongan *underpass* pada proyek tol Gempol-Pasuruan

Sumber :Jasamarga Pasuruan

Konstruksi *underpass* menerima tekanan tanah pada sisi kanan dan kiri struktur. Untuk itu perlu direncanakan juga perkuatan dinding yang cocok dan ekonomis untuk menahan tanah disekitar struktur *underpass*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan perencanaan perbaikan tanah yang ditujukan agar tanah dasar dapat kuat menahan beban dari *underpass* dan tanah timbunan jalan tol di atasnya, konsolidasi yang terjadi sudah selesai, dan tidak terjadi lagi konsolidasi pada tanah dasar. Pada tugas akhir ini, perencanaan perbaikan tanah yang digunakan untuk tanah timbunan adalah dengan metode *preloading* dan PVD. Sedangkan alternatif perbaikan tanah dasar untuk konstruksi *box tunnel* digunakan metode perbaikan dengan menggunakan *preloading* disertai PVD dan metode perbaikan tanah menggunakan tiang pancang. sedangkan untuk perkuatan dinding penahan tanah digunakan 2 macam metode yaitu *Geotextile Wall* dengan konstruksi *existing box tunnel* dan *Reinforce-Geogrid Wall* dengan konstruksi *bridge structure*. Box tunnel existing yang digunakan sebagai konstruksi *underpass* memiliki spesifikasi dengan lebar 6,5 meter dan tinggi 5,1 meter serta panjang box tunnel mencapai 39,15 meter. Sedangkan pada alternatif kedua konstruksi *box tunnel* dihilangkan dan diganti dengan konstruksi *reinforced geogrid-wall*. *Reinforced-wall* ini sendiri tidak dapat menahan beban plat di atasnya. Untuk itu perencanaan plat untuk jalan tol di atasnya digunakan konstruksi *bridge structure*.

Adanya tanah timbunan jalan tol disekitar konstruksi *underpass* juga ikut mempengaruhi tekanan tanah yang menekan konstruksi *underpass*. Sehingga diperlukan perencanaan untuk tanah timbunan jalan tol di sekitar *underpass*. Lingkup tanah timbunan yang akan direncanakan adalah tanah timbunan jalan tol mulai STA 30+350 sampai STA 30+950. Tanah timbunan pada STA 30+350 sampai STA 30+950 memiliki tinggi timbunan dari 6,5 m- 9,5 m dengan kelandaian 0.75 %.

Dari beberapa metode yang akan direncanakan untuk perbaikan tanah dasar dan perkuatan dinding pada *underpass* akan dipilih salah satu alternatif metode dari segi efisiensi, kemudahan mendapatkan material dan kemudahan pelaksanaan metode di lapangan. Oleh karena itu studi ini penting dilakukan agar mampu melakukan perencanaan tanah dasar yang mampu menahan beban struktur dan timbunan diatasnya serta dapat merencanakan perkuatan dinding yang tepat dan efisien.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah dan identifikasi permasalahan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini:

1. Bagaimana merencanakan metode perbaikan tanah dengan menggunakan *pre-loading* yang digabungkan dengan PVD dan metode perbaikan tanah dengan metode tiang pancang dengan struktur *underpass* dan tanah timbunan untuk jalan tol diatasnya serta tanah timbunan disekitar *underpass*?
2. Bagaimana merencanakan tanah timbunan untuk jalan tol STA 30+350-STA 30+950 dengan kelandaian 0,75% dan tanah timbunan diatas struktur *underpass*?
3. Bagaimana merencanakan perkuatan dinding penahan tanah dengan metode *geotextile wall* dan konstruksi box tunnel?
4. Bagaimana merencanakan perkuatan dinding penahann tanah dengan metode *Reinforced geogrid-wall* dan konstruksi *Bridge Structure* ?
5. Bagaimana analisa estimasi biaya untuk perencanaan metode perbaikan tanah dengan *pre-loading* dan PVD serta untuk

kedua alternatif metode perencanaan perkuatan dinding penahan tanah serta manakah yang paling efisien?

1.3 Batasan Masalah

Agar perencanaan metode perbaikan ini tidak meluas, maka ada batasan masalah yang direncanakan. Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir ini:

1. Tidak membahas perhitungan struktur *underpass*.
2. Tidak membahas secara detail perhitungan struktur *Bridge*.
3. Tidak membahas perencanaan drainase.
4. Tidak membahas metode pelaksanaan.
5. Tidak membandingkan dengan alternatif lain diluar alternatif dalam tugas akhir ini.

1.4 Tujuan Makalah

Tujuan perencanaan Tugas Akhir ini adalah mendapatkan metode perbaikan tanah yang efisien serta mendapatkan metode perkuatan dinding penahan tanah yang efisien dan mudah dilaksanakan.

1.5 Manfaat Makalah

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah menjadi acuan bagi kontraktor ataupun *developer* untuk mengetahui perencanaan untuk perbaikan tanah lunak di bawah struktur sehingga pekerjaan perbaikan tanah lunak menjadi efisien. Serta untuk memilih metode perkuatan dinding penahan tanah yang efisien dan mudah dilaksanakan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Semua beban yang terjadi di atas tanah dasar maupun itu beban dari timbunan tanah itu sendiri dan beban struktur akan disalurkan ke tanah dasar. Sehingga tanah dasar harus mampu menahan seluruh beban yang terjadi. Di beberapa kasus harus dilakukan stabilitas tanah dasar agar dapat memikul beban yang terjadi tanpa mengalami keruntuhan. Stabilitas tanah adalah usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi teknis tertentu (Hardiyatmo,1992). Tanah lempung merupakan tanah yang dapat mengalami penyusutan (*Shrinkage*) dan pengembangan (*Swelling*). Hal ini sangat berpengaruh terhadap kekuatan tanah menahan beban konstruksi. Tanah lempung juga terdiri dari atas mineral-mineral berbutir halus yang bersifat plastis pada kandungan air tertentu dan mengeras ketika kondisi kering. Tanah lempung juga memiliki sifat pemampatan yang besar pada waktu yang sangat lama, dan hal ini menyebabkan kehancuran konstruksi ketika masa layan.

2.2 Analisis Data Tanah

Analisis parameter data tanah dilakukan dengan menggunakan pendekatan statistik, pendekatan korelasi dan pendekatan persamaan-persamaan yang diperlukan guna mendapatkan parameter tanah yang sesuai sebagai acuan perencanaan.

2.2.1 Pendekatan Statistik

Pendekatan statistik perlu dilakukan agar mendapatkan parameter tanah yang sesuai pada lokasi proyek yang direncanakan. Persamaan statistik antara lain:

Rata-rata (Mean)

$$X \text{ Rata} - \text{rata} = \sum_{n=1}^x \frac{1}{x} \quad (2.1)$$

Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{(x - \text{rata-rata})^2}{n}} \quad (2.2)$$

Dimana

X = nilai data

Metode yang digunakan adalah dengan cara statistik menggunakan selang kepercayaan yang baik yaitu selang yang pendek dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. Maka digunakan selang dengan tingkat kepercayaan 95% , bentuk umum selang kepercayaan adalah batas bawah < (parameter tanah) < batas atas.

$$x \text{ rata-rata} - \frac{STD}{\sqrt{n}} \cdot t(db) < (\mu) < x \text{ rata-rata} + \frac{STD}{\sqrt{n}} \cdot t(db) \quad (2.3)$$

Dimana :

STD = standar deviasi

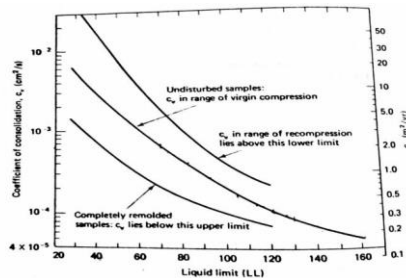
n = jumlah data

t (db) = derajat kebebasan pengali

(μ) = parameter tanah

2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris

Pendekatan korelasi digunakan untuk mencari nilai koefisien konsolidasi tanah (C_v) dengan menggunakan grafik perbandingan nilai C_v dengan *Liquid Limit*. (Gambar 2.1)



Gambar 2.1 Korelasi koefisien konsolidasi tanah (C_v) dengan nilai Liquid Limit

Sumber : Kovac, 1981

Sedangkan rumusan empiris digunakan untuk melengkapi nilai indeks pemampatan (C_c) dan indeks pengembang (C_s), rumusan empiris yang digunakan merupakan rumus berdasarkan hasil penelitian oleh Kosasih dan Mochtar (1997). Serta digunakan untuk mencari nilai kohesi (C_u) yang rumusan empirisnya berasal dari penelitian Ardana dan Mochtar (1999).

$$C_c : 0,007 LL + 0,0001 W_c^2 - 0,18 \quad (2.4)$$

$$C_s : 1/8 C_c \quad (2.5)$$

C_u :

Untuk $PI < 100\%$

$$C_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} : 0,0737 + (0,19 - 0,0016 \cdot PI) \cdot Po' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (2.6)$$

Untuk $PI \geq 100\%$

$$C_u \text{ (Kg/cm}^2\text{)} : 0,0737 + (0,0454 - 0,00004 \cdot PI) \cdot Po' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \quad (2.7)$$

Dimana :

C_c = indeks pemampatan

C_s = indeks pengembang

C_u = kohesi

LL = *Liquid Limit*

W_c = *Water Content*

PI = *Plasticity Index*

Po' = Tegangan Overburden

2.3 Perencanaan Tinggi Final dan Tinggi Inisial Timbunan

Tinggi final timbunan adalah tinggi timbunan akhir yang sudah tidak lagi mengalami pemampatan. Kebutuhan tinggi final timbunan dipertimbangkan dengan kondisi yang ada di lapangan. Tinggi final timbunan harus memiliki elevasi yang aman, dalam arti tidak tergenang air.

Tinggi inisial timbunan adalah tinggi timbunan yang dibutuhkan di lapangan sebelum tanah dasar mengalami pemampatan. Proses pemampatan yang terjadi dasar menyebabkan tanah dasar yang digunakan akan mengalami penurunan sehingga tanah timbunan di atas tanah dasar juga ikut turun. Untuk menghitung tinggi inisial timbunan dipengaruhi oleh beberapa

faktor yaitu tegangan *overburden*, tegangan pra-konsolidasi, koefisien pemampatan, distribusi tegangan dari tanah timbunan, besar pemampatan yang terjadi, dan pengaruh beban perkerasan jalan dan lalu lintas. Formula untuk menghitung tinggi timbunan dirumuskan dalam Persamaan 2.8.

$$H_{initial} = H_{final} + Sc + H_{traffic} - H_{pavement} + S_{C_{pavement}} \quad (2.8)$$

2.3.1 Tegangan *Overburden*

Tegangan *overburden* digunakan untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang terjadi pada lapisan tanah yang ditinjau. Persamaan yang digunakan untuk menghitung tegangan *overburden* dirumuskan dalam Persamaan 2.9.

$$\sigma'_o = H \times (\gamma_{sat} - \gamma_w) \quad (2.9)$$

Dimana:

σ'_o	= Tegangan <i>overburden</i> (t/m)
H	= Kedalaman titik tinjau (m)
γ_{sat}	= Berat jenis tanah kondisi jenuh (t/m)
γ_w	= Berat jenis air (t/m)

2.3.2 Tegangan Pra-konsolidasi

Pra-konsolidasi adalah tegangan yang terjadi pada lapisan tanah yang ditinjau sebelum dilakukannya penimbunan. Dalam kasus ini, tegangan pra-konsolidasi dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu, tegangan *overburden* dan fluktuasi muka air. Persamaan yang digunakan untuk menghitung tegangan pra-konsolidasi dirumuskan dalam Persamaan 2.10.

$$\sigma'_c = \sigma'_o + H_{fluktuasi} \times \gamma_w \quad (2.10)$$

Dimana:

σ'_c	= Tegangan pra-konsolidasi (t/m)
σ'_o	= Tegangan <i>overburden</i> (t/m)
$H_{fluktuasi}$	= Kedalaman titik tinjau (m)
γ_w	= Berat jenis air (t/m)

2.3.3 Koefisien pemampatan

Koefisien pemampatan digunakan untuk menghitung seberapa besar kemampumampatan suatu jenis tanah. Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien pengembangan dan pemampatan dirumuskan dalam Persamaan 2.11 dan 2.12.

$$C_s = 0.002 \times LL + 0.00002 \times W_c^2 - 0.06 \quad (2.11)$$

$$C_c = 0.007 \times LL + 0.0001 \times W_c^2 - 0.18 \quad (2.12)$$

Dimana:

C_s = Koefisien pemampatan

C_c = Koefisien pemampatan

LL = *Liquid limit* (%)

W_c = *Water content* (%)

2.3.4 Besar Pemampatan

Pemampatan pada tanah dasar terjadi akibat diberikannya beban diatas tanah dasar tersebut yang menyebabkan deformasi partikel tanah serta mengecilnya pori-pori pada tanah tersebut akibat keluarnya air atau udara dari dalam pori.

- Pemampatan Konsolidasi Primer (*Primary Consolidation*)

Pemampatan konsolidasi primer disebabkan oleh penimbunan timbunan setinggi H di atas tanah lunak yang akan menyebabkan terjadinya penambahan tegangan pada tanah dasar sehingga mengakibatkan adanya konsolidasi. Terdapat dua jenis konsolidasi berdasarkan tegangan yang diakibatkan, yaitu :

1. *Normally Consolidated Soil* (NC-Soil)

Tanah terkonsolidasi secara normal dimana tegangan overburden efektif pada saat ini adalah merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.

2. *Over Consolidated Soil* (OC-Soil)

Tanah terkonsolidasi lebih, di mana tegangan overburden efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya. Tanah disebut sebagai NC-Soil atau OC-soil tergantung dari harga *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan berikut :

$$OCR = \frac{\sigma_{c'}}{\sigma_{o'}} \quad (2.13)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \sigma_{o'} &= \text{effective overburden pressure} \\ &= (\gamma_{timb} - \gamma_w) \times \frac{1}{2} H_{tinjau} \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \text{effective past overburden pressure} \\ &= \sigma_{o'} + \Delta\sigma(\text{akibat fluktuasi air}) \end{aligned} \quad (2.15)$$

NC-Soil mempunyai harga OCR = 1 dan OC soil mempunyai harga OCR >1. Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H per lapisan tanah ditinjau yang dihitung pertengah-tengah lapisan-i dapat dihitung dengan persamaan (Das, 1985):

1. Untuk tanah *Normally Consolidated* (NC-Soil) :

$$Sc = C_c \frac{H_0}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma_{o'}} \quad (2.16)$$

2. Untuk tanah *Over Consolidated* (OC-Soil) :

Bila $(\sigma_{o'} + \Delta\sigma) \leq \sigma_{c'}$, maka :

$$Sc = C_s \frac{H_0}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma_{o'}} \quad (2.17)$$

Bila $(\sigma_{o'} + \Delta\sigma) > \sigma_{c'}$, maka :

$$Sc = \left[C_s \frac{H_0}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_{c'}}{\sigma_{o'}} \right] + \left[C_c \frac{H_0}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma_{o'}} \right] \quad (2.18)$$

Dimana :

Sc = besar pemampatan yang terjadi (m)

Cc = Indeks pemampatan (*compression index*)

Cs = Indeks pemuatan (*swelling index*)

e₀ = Angka Pori

$\sigma_{O'}$ = tegangan overbudden efektif (t/m^2)

$\Delta\sigma$ = Penambahan beban vertical (t/m^2)
(beban luar)

$\sigma_{c'}$ = tegangan overbudden efektif (t/m^2)

Sehingga besar pemampatan total adalah :

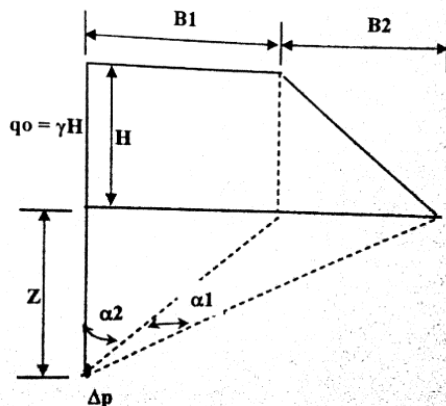
$$Sc = \sum_{i=1}^n Sci \quad (2.19)$$

Dimana :

Sci = besar pemampatan konsolidasi untuk lapisan ke- i (m)

n = jumlah lapisan tanah yang dihitung besar pemampatan

$\Delta\sigma'$ merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan (Gambar 2.1). Menurut Braja M. Das (1985), dalam bukunya "*Principles of Foundation Engineering, Second Edition*" diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Visualisasi dan Notasi $\Delta\sigma'$
sumber : Mochtar, (2012)

Besar penambahan beban, $\Delta\sigma'$ adalah :

$$\Delta\sigma' = \frac{q_0}{\pi} \times \left(\left(\frac{B1 + B2}{B2} \right) \times (\alpha1 + \alpha2) - \left(\frac{B1}{B2} \alpha2 \right) \right) \quad (2.20)$$

Dimana :

q_0 = teg. vertical efektif dimuka tanah berupa timbunan (t/m^2) ($q = \gamma \text{ timb.} \times h \text{ timb.}$)

$\Delta\sigma$ = Besarnya penambahan tegangan vertical akibat pengaruh beban timbunan ditinjau (ditengah-tengah lapisan ke-i) (t/m^2)

$$\alpha1 = \tan^{-1} \left(\frac{B1 + B2}{B2} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B1}{z} \right) \text{ (radian)} \quad (2.21)$$

$$\alpha2 = \tan^{-1} \left(\frac{B1}{z} \right) \text{ (radian)} \quad (2.22)$$

$B1 = \frac{1}{2}$ lebar timbunan

$B2$ = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

Nilai $\Delta\sigma'$ yang diperoleh adalah untuk $\frac{1}{2}$ bentuk timbunan sehingga untuk bentuk timbunan bersisi miring yang simetris nilai I yang diperoleh harus dikali 2, dan berlaku untuk akibat beban *embankment* (timbunan bersisi miring dan tegak) dapat dihitung dengan Persamaan (2.23) yang berubah menjadi sebagai berikut :

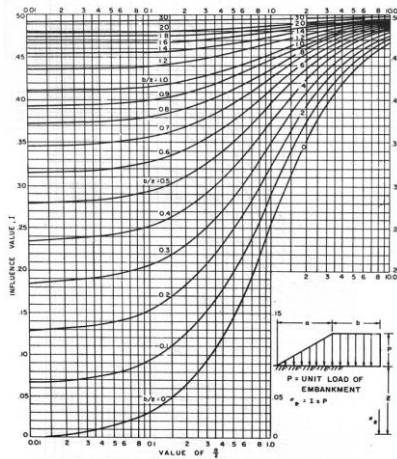
$$\Delta\sigma = \sigma_z = 2 \times I \times q_0 \quad (2.23)$$

Dimana :

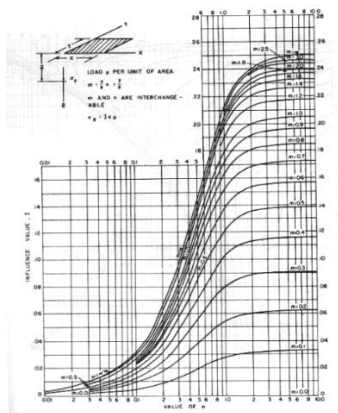
$\Delta\sigma$ = Besarnya penambahan tegangan vertical akibat pengaruh beban timbunan ditinjau (ditengah-tengah lapisan ke-i) (t/m^2)

q_0 = teg. vertical efektif dimuka tanah berupa timbunan (t/m^2) ($q = \gamma \text{ timb.} \times h \text{ timb.}$)

I = faktor pengaruh (*influence factor*) yang ditentukan berdasarkan kurva (dari NAVFAC DM-7, 1970) yang diberikan dalam Gambar 2.2 untuk beban timbunan bersisi miring atau trapesium dan Gambar 2.3 untuk beban timbunan bersisi tegak atau persegi.



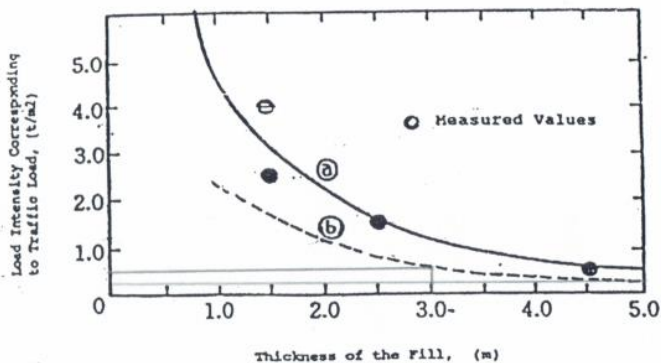
Gambar 2.3 Kurva I (influence factor) untuk beban trapesium menerus yang dapat digunakan untuk perhitungan timbunan
Sumber : NAVFAC DM-7, (1970)



Gambar 2.4 Kurva I (influence factor) untuk beban merata segi empat yang dapat digunakan untuk perhitungan beban perkerasan.
Sumber : NAVFAC DM-7, (1970)

2.3.5 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang direncanakan akan digantikan dengan tambahan tinggi timbunan. Hal ini ditujukan untuk mencegah pemampatan yang terjadi akibat beban lalu lintas pada saat jalan tersebut dilalui oleh kendaraan. Kebutuhan tinggi timbunan untuk menggantikan beban lalu lintas dapat dilihat di Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Grafik hubungan antara beban lalu lintas dan tinggi timbunan

Sumber : Mochtar,(2000)

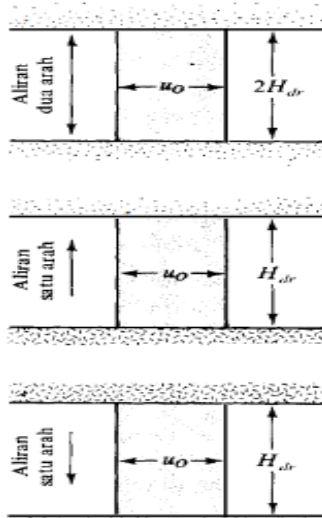
2.4 Perencanaan Percepatan Pemampatan dengan *Pre-loading* Timbunan

Pada tugas akhir ini, jenis tanah yang digunakan dalam studi kasus ini adalah tanah lunak. Tanah lunak memiliki kemampuan pengaliran air yang sangat kecil sehingga memerlukan waktu yang sangat lama agar air dapat keluar ke permukaan. Waktu yang dibutuhkan air keluar melalui pori-pori tanah lunak adalah puluhan tahun bahkan ratusan. Oleh karena itu, salah satu alternatif untuk mempercepat pemampatan adalah dengan *pre-loading* timbunan. *Pre-loading* timbunan adalah suatu metode yang digunakan untuk mempercepat proses pemampatan dengan cara memasang pipa-pipa (PVD) ke dalam tanah dasar lalu membebani tanah dasar dengan timbunan sehingga air dalam tanah dasar

terdesak keluar melalui pipa-pipa tersebut. Untuk menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan yang terjadi diperlukan tiga faktor utama yaitu koefisien pengaliran, jarak pemasangan PVD, dan pola pemasangan PVD.

2.4.1 Waktu Konsolidasi

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porus, yaitu : keatas atau kebawah saja (*single drainage*) atau keatas dan kebawah (*double drainage*). Tanah yang dianggap mudah memampat adalah tanah lanau/lempung dengan rentang konsistensi dari sangat lunak sampai menengah; atau *very soft to medium stiff soil*. Macam-macam tipe arah aliran pori dengan U_v tetap seperti dijelaskan pada Gambar 2.5 sebagai berikut :



Gambar 2.6 Macam-macam tipe arah aliran pori dengan U_v tetap. Gambar

Sumber : Das, (1985).

Menurut Terzaghi dalam Das (1985), lama waktu konsolidasi (t) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{C_v} \quad (2.24)$$

Dimana :

t = waktu konsolidasi

T_v = *time factor*, bergantung dari derajat konsolidasi U (%)

H_{dr} = jarak terjauh air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar (m)

C_v = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertical

Harga T_v menurut Das, 1985 diambil berdasarkan Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Variasi Faktor Waktu terhadap Derajat Konsolidasi (Das, 1985)

Derajat konsolidasi $U\%$	Faktor waktu T_v
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,287
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	∞

* U_v tetap untuk seluruh kedalaman lapisan.

Untuk tanah berlapis-lapis dengan ketebalan berbeda, harga C_v gabungan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right]^2} \quad (2.25)$$

Dimana :

H1, H2, Hn = tebal perlapisan tanah ditinjau (m)

C_v = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertical

Untuk menentukan derajat konsolidasi akibat aliran air pori secara vertical, harga U_v digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{untuk } T_v \text{ antara } 0\% \text{ s/d } 60\%, U_v = \left(2\sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \quad (2.26)$$

$$\text{Dan untuk } U_v > 60\%, U_v = (100 - 10^a)\% \quad (2.27)$$

$$\text{Dimana : } a = \frac{1,781 - T_v}{0,933} \quad (2.28)$$

$$T_v = \frac{t \times C_v}{H_{dr}^2} \quad (2.29)$$

H_{dr} = jarak terjauh air pori dilapisan tanah untuk mengalir keluar (m)

C_v = harga C_v tanah pada lapisan setebal jarak terjauh air pori keluar

t = waktu yang dipilih.

2.4.2 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah kemampuan suatu bahan untuk mengalirkan air dari satu titik ke titik yang dituju. Untuk tanah lunak, koefisien pengalirannya sangat kecil sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mengalirkan air. Untuk memperbesar koefisien pengaliran tersebut, diperlukan PVD sehingga waktu pengaliran air dapat berjalan lebih cepat. Adapun persamaan yang dibutuhkan dalam menghitung koefisien pengaliran dapat dilihat dalam Persamaan 2.30.

$$C_v = \frac{(\sum h)^2}{\left(\sum \frac{h}{C_v^{0.5}} \right)^2} \quad (2.30)$$

2.4.3 Jarak dan Pola Pemasangan PVD

Setelah mencari koefisien pengaliran didapatkan, jarak pemasangan antar PVD juga berpengaruh dalam mempercepat waktu pengaliran air. Pola pemasangan PVD pun juga berpengaruh dalam mempercepat waktu pengaliran. Terdapat dua jenis pola pemasangan PVD yaitu dengan pola segitiga dan pola segiempat.

$$D = 1.13 \text{ s (persegi)}$$

$$D = 1.05 \text{ (segitiga)}$$

$$dw = \frac{2(a+b)}{\pi} \quad (2.31)$$

$$n = \frac{D}{dw} \quad (2.32)$$

$$Fn = \frac{n^2}{n^2-1^2} [\ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2}] \quad (2.33)$$

$$Uh = 1 - \left(\frac{1}{e^{\frac{t.8.Ch}{D^2.2.F(n)}}} \right)^{0.5} \quad (2.34)$$

$$Uv = 2 \left(\frac{Tv}{\pi} \right)^{0.5} \quad (2.35)$$

$$Uh = 1 - \left(\frac{1}{e^{\frac{t.8.Ch}{D^2.2.F(n)}}} \right) \quad (2.36)$$

$$U_{total} = 1 - (1 - Uh). (1 - Uv) \quad (2.37)$$

2.5 Perencanaan Timbunan Bertahap serta Peningkatan Daya Dukungnya

Dalam aplikasi di lapangan, timbunan tidak dapat langsung ditumpuk setinggi tinggi timbunan yang direncanakan. Penumpukan timbunan dilakukan secara bertahap tiap 25 cm agar proses pemadatan dapat dilakukan dengan maksimal. Karena tanah dasar yang digunakan adalah tanah dasar lunak, daya dukung tanah untuk menahan beban timbunan pun juga tidak besar. Ketinggian kritis timbunan menjadi faktor utama dalam menentukan berapakah tinggi timbunan yang dapat saya tumpuk dalam satu waktu. Ketika daya dukung tanah dasar sudah tidak dapat lagi

menahan beban timbunan di atasnya, dibutuhkan waktu tunggu untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Hal ini bisa terjadi karena pemampatan yang terjadi dalam tanah dasar mulai terjadi. Terjadinya pemampatan tanah dasar mengakibatkan naiknya daya dukung tanah dikarenakan tanah dasar yang semula lunak dan memiliki pori-pori air yang cukup besar lama-kelamaan menjadi kecil. Perhitungan tinggi kritis dan peningkatan daya dukung tanah dapat dilihat di persamaan bawah ini.

- Untuk $PI < 120\%$:

$$Cu(kg/cm^2) = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \cdot PI) \cdot \sigma' \quad (2.38)$$

(Mochtar, 2012)

- Untuk $PI > 120\%$:

$$Cu(kg/cm^2) = 0,0737 + (0,0454 - 0,00006 \cdot PI) \cdot \sigma' \quad (2.39)$$

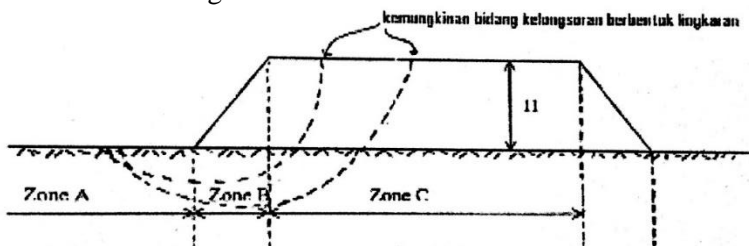
(Mochtar, 2012)

Dimana :

$PI = \text{Plasticity Index}$

$\sigma' = \text{penambahan tegangan total (kg/cm}^2\text{)}$

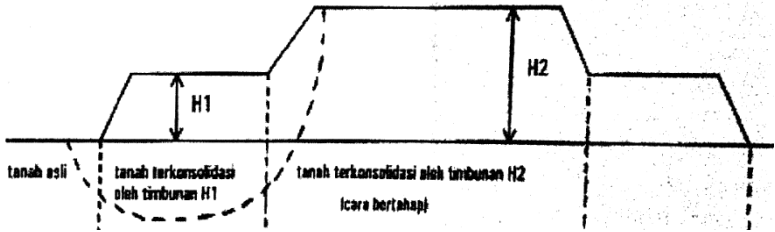
Pembagian zona oleh adanya peningkatan harga CU untuk diperiksa kestabilan pada *dxstable* adalah berdasarkan Gambar 2.6 sebagai berikut :



Gambar 2.7 Pembagian zona kekuatan tanah

Sumber : Mochtar, (2012).

Berbeda untuk timbunan dengan “*berm*” sebagai “*counterweight*” dapat digunakan asumsi seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7 sebagai berikut :



Gambar 2.8 Pembagian zona Cu baru timbunan jalan dengan “berm” sebagai “counterweight”

Sumber : Mochtar, (2012).

Berdasarkan Gambar 2.6 dan Gambar 2.7 dapat dijelaskan sebagai berikut :

Zona A = Tanah dalam kondisi masih asli ; $Cu = Cu$ asli..

Zona B = Zona Transisi ; Cu di B = $(Cu$ di A + Cu di C)/2.

Zona C = Tanah terkonsolidasi timbunan H ; nilai C di bandingkan antara Cu lama dan baru.

Dengan ditinjau tegangan tanah awal (p_0') dan juga penambahan tegangan beban. Untuk penambahan tegangan beban maka digunakan persamaan berikut (dalam dari fungsi t_i dan U total dari perhitungan PVD) :

$$\Delta p_{1-U1} = \left(\frac{\sigma'_1}{p'_0} \right)^{U1} \times p'_0 - p'_0 \quad (2.40)$$

Untuk selanjutnya ;

$$\Delta p_{2-U2} = \left(\frac{\sigma'_2}{p'_1} \right)^{U2} \times \sigma'_1 - \sigma'_1 \quad (2.41)$$

Dengan adanya penambahan beban, maka tegangan tanah dilapisan yang ditinjau menjadi (dalam dari fungsi t_i dan Utotal dari perhitungan PVD) :

$$\sigma'_{(baru)} = p'_0 + \left[\left(\frac{\sigma'_1}{p'_0} \right)^{U1} \times p'_0 - p'_0 \right] + \left[\left(\frac{\sigma'_2}{p'_1} \right)^{U2} \times \sigma'_1 - \sigma'_1 \right] \dots \left[\left(\frac{\sigma'_n}{p'_i} \right)^{Un} \times \sigma'_i - \sigma'_i \right] \quad (2.42)$$

Untuk selanjutnya dapat dihitung *consolidation settlement* pada penimbunan bertahap dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Rumus 1 apabila $p'_0 + \Delta p1 \leq P_c$

$$S_c = \frac{Cs.H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p'_0 + \Delta p1}{p'_0} \right) \quad (2.43)$$

- Rumus 2 apabila $p'_0 + \Delta p1 + \Delta p2 > P_c$

$$S_c = \frac{Cs.H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p'_c}{p'_c + \Delta p1} \right) + \frac{Cc.H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p'_0 + \Delta p1 + \Delta p2}{p'_c} \right) \quad (2.44)$$

- Rumus 3 apabila $p'_0 + \Delta p1 + \Delta p2 + \Delta p3 > P_c$

$$S_c = \frac{Cc.H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p'_0 + \Delta p1 + \Delta p2 + \Delta p3}{p'_0 + \Delta p1 + \Delta p2} \right) \quad (2.45)$$

Maka dari itu untuk selanjutnya dapat diketahui berapa pemampatan yang terjadi selama masa konstruksi penimbunan selesai (mencapai $U = 90\%$) dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi H final akibat beban bertahap.

2.6 Analisa Stabilitas Timbunan

Analisa stabilitas timbunan digunakan untuk mengetahui apakah desain rencana timbunan yang akan dibangun memiliki kestabilan yang cukup agar tidak terjadi longsor. Jika stabilitas timbunan yang direncanakan tidak stabil atau tidak mencapai *safety factor* (SF) yang direncanakan, maka timbunan yang kita desain harus diberi perkuatan. Analisa stabilitas timbunan yang dilakukan dalam tugas akhir ini tidak hanya menganalisa timbunan final akan tetapi juga menganalisa timbunan bertahap yang akan dilakukan di lapangan sehingga mencegah terjadinya kelongsoran ketika pelaksanaan di lapangan.

2.7 Perencanaan Timbunan Bersisi Tegak

Dalam perencanaan dinding underpass yang dibuat bersisi tegak ada beberapa alternatif perkuatan pada tanah timbunan. Diantaranya adalah *geotextile* sebagai dinding penahan tanah (*geotextile wall reinforcement*) dan *geogrid* yang dapat dikombinasikan dengan dinding penahan tanah (*retaining wall*) tipe *keystone wall*.

2.7.1 Tekanan Tanah Kesamping

Konstruksi penahan tanah seperti dinding penahan, dinding bangunan bawah tanah (*basement*), dan turap baja, pada umumnya digunakan dalam teknik pondasi; konstruksi penahan tanah tersebut biasanya digunakan untuk menahan massa tanah dengan talud vertikal. Agar dapat merencanakan konstruksi penahan tanah dengan benar, maka kita perlu mengetahui gaya horisontal yang bekerja antara konstruksi penahan dan massa tanah yang ditahan. Gaya horisontal tadi disebabkan oleh tekanan tanah arah horisontal.

2.7.2 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Menurut Rankine

Yang dimaksud dengan keseimbangan plastis (*plastic equilibrium*) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik di dalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Rankine (1857) menyelidiki keadaan tegangan di dalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis.

- Tekanan Tanah aktif

$$\sigma_a = \gamma z \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) - 2c \tan \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.46)$$

Variasi σ_a dengan kedalaman Untuk tanah yang tidak berkohesi (cohesionless soil), $c = 0$ maka:

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.47)$$

Rasio σ_a dan σ_v dinamakan koefisien tekanan tanah aktif, K_a Atau:

$$k_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.48)$$

- Tekanan Tanah Pasif

$$\sigma p = \gamma z \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.49)$$

Variasi σa dengan kedalaman Untuk tanah yang tidak berkohesi (cohesionless soil), $c = 0$ maka:

$$\sigma p = \sigma v \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.50)$$

Rasio σa dan σv dinamakan koefisien tekanan tanah aktif, K_a Atau:

$$k_p = \frac{\sigma p}{\sigma v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.51)$$

2.7.3 Geotextile Wall Reinforcement

Geosynthesis yang paling banyak digunakan untuk perkuatan timbunan pada infrastruktur jalan dan oprit salah satunya adalah *geotextile*. *Geotextile* salah satu kegunaannya yaitu dapat digunakan untuk alternatif timbunan bersisi tegak . Pada perencanaannya perlu memperhatikan kekuatan tarik dari bahan dalam menerima dan memikul gaya geser saat terjadi kelongsoran. Pada perencanaan *geotextile* untuk timbunan bersisi tegak, ditinjau stabilitas pada :

1. *Internal Stability*
2. *Overall Stability*

Sehingga dapat ditentukan jumlah *geotextile* dan mutu *geotextile* yang memenuhi kedua syarat kestabilan tersebut.

2.7.4 Internal Stability (Geotextile Wall Reinforcement)

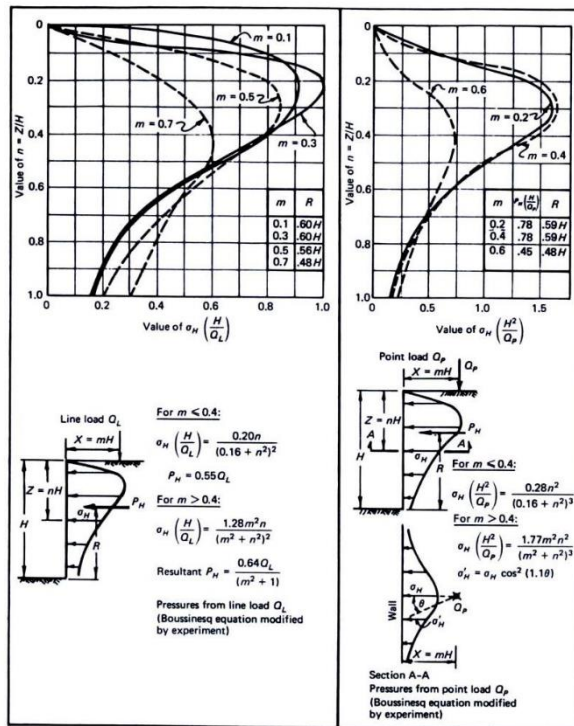
Dalam perhitungan *internal stability* diperhatikan gaya-gaya yang mempengaruhi pada timbunan diantaranya adalah : gaya tekanan horizontal akibat tanah dibelakang dinding dan beban luar berupa beban *surcharge* (beban merata) serta beban hidup (beban titik). Perhitungan gaya tekanan horizontal total digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_{Htotal} = \sigma_{HS} + \sigma_{HQ} + \sigma_{HL} \quad (2.52)$$

Dimana :

- σ_{Htotal} = Besar tegangan horisontal total yang diterima dinding
- σ_{HS} = Tegangan horisontal akibat tanah dibelakang dinding
- σ_{Hq} = Tegangan horisontal akibat beban terbagi rata

$\sigma_H L$ = Tegangan horizontal akibat beban hidup / beban titik ; yang dapat dicari dengan fungsi z menggunakan Gambar 2.8 sebagai berikut :



. **Gambar 2.9** Grafik untuk menentukan besarnya $\sigma_H L$
Sumber : NAVFAC DM-7, (1971).

Selanjutnya nilai tekanan horizontal total yang didapat digunakan untuk menghitung kebutuhan *geotextile*.

2.7.5 Kebutuhan *geotextile* (*Geotextile Wall Reinforcement*)

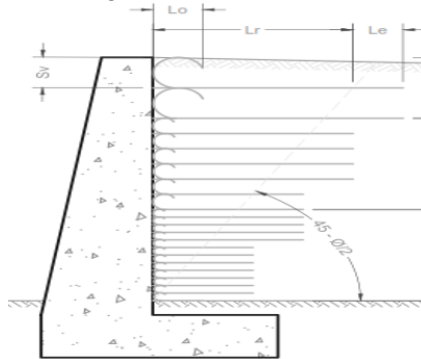
Setelah didapatkan tegangan horizontal total, dapat dihitung tebal pemasangan *geotextile* (S_v) dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_v = \frac{T_{Allow}}{SF \times \sigma H_{totalZ}} \quad (2.53)$$

Dimana :

- S_v = Jarak pemasangan geotextile
 T_{allow} = Kekuatan *geotekstile* yang diijinkan
 SF = Faktor keamanan (1,3 – 1,5)
 Σh = Besar tekanan horisontal total diterima dinding perkedalaman Z

Setelah didapatkan S_v untuk pemasangan *geotextile* maka dapat dihitung keperluan panjang *geotextile*. Sketsa *geotextile* tertanam seperti Gambar 2.9 sebagai berikut :



Gambar 2.10 Sketsa *Geotextile Wall Reinforcement* dibutuhkan
 Sumber : Mochtar, (2000).

Cara menghitung panjang *geotextile* yang ditanam (L) adalah :

$$L = L_r + L_e \quad (2.54)$$

Dimana :

L_r = panjang *geotextile* didepan bidang longsor.

L_e = panjang *geotextile* yang berada dalam *anchorage zone*, dengan panjang minimal = 1 m.

Panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor digunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_r = (H - Z) \times \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.55)$$

Dimana :

Lr = panjang geotextile didepan bidang longsor.

H = ketinggian timbunan

Z = titik pertinjauan

Φ = sudut geser tanah

Panjang *geotextile* yang berada dalam *anchorage zone* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Le = \frac{Sv.\sigma_h.SF}{2.[C + \sigma_v.\tan \delta]} \quad (2.56)$$

Dimana :

Le = panjang *geotextile* yang berada dalam *anchorage zone*.

σ_h = Besar tekanan horisontal total diterima dinding perkedalaman Z

SF = 1,3 – 1,5

σ_v = Besar tekanan vertikal diterima dinding perkedalaman Z

δ = $0,9 \Phi$

C = nilai kohesi tanah ditinjau.

Setelah didapatkan L, dihitung panjang lipatan *geotextile* (L_o) dengan gaya yang diperhitungkan $0,5.\sigma_h$ digunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_o = \frac{Sv.\sigma_h.SF}{4.[C + \sigma_v.\tan \delta]} \quad (2.57)$$

Dimana :

L_o = panjang lipatan, dengan panjang minimal = 1 m.

σ_h = Besar tekanan horisontal total diterima dinding perkedalaman Z

SF = 1,3 – 1,5

σ_v = Besar tekanan vertikal diterima dinding perkedalaman Z

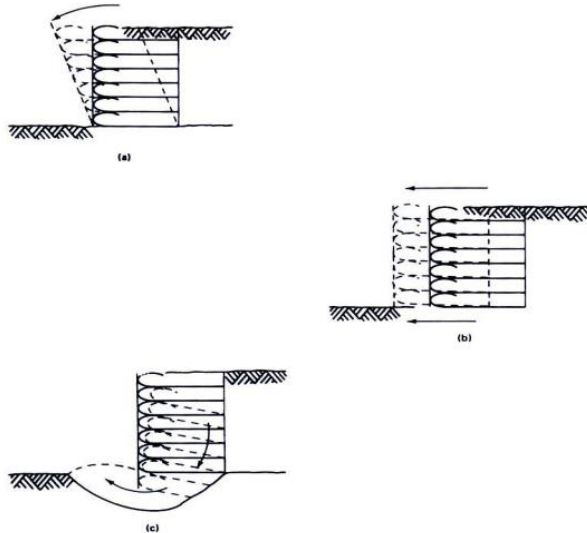
δ = $0,9 \Phi$

C = nilai kohesi tanah ditinjau.

2.7.6 External Stability (*Geotextile Wall Reinforcement*)

Tanah timbunan bersisi tegak perlu diperiksa kestabilan timbunan terhadap daya dukung tanah dasarnya maka dari itu

untuk *external stability* maka tanah timbunan yang direncana harus aman terhadap bahaya guling, geser, dan amblas. Seperti dijelaskan pada Gambar 2.10 berikut :



Gambar 2.11 *External stability geotextile wall* a.guling, b.geser, c.amblas

Sumber : Mochtar, (2000).

Untuk memeriksa faktor aman kestabilan terhadap guling digunakan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sum MP}{\sum MD} \quad (2.58)$$

Dimana :

SF = faktor aman bahaya guling, SF = 3

$\sum MP$ = Momen penahan

$\sum MD$ = Momen pendorong.

Untuk memeriksa faktor aman kestabilan terhadap geser digunakan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \frac{\Sigma FP}{\Sigma FD}$$

(2.59)

Dimana :

SF = faktor aman bahaya geser, SF = 1,3

ΣFP = Momen penahan

ΣFD = Momen pendorong.

Untuk memeriksa faktor aman kestabilan terhadap ambblas (*bearing capacity*) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{ultimite}} \quad (2.60)$$

Dimana :

SF = faktor aman bahaya geser, SF=3

σ_{\max} = Tegangan maksimum pada tanah timbunan

σ_{ult} = Tegangan ultimit daya dukung pada tanah dasar.

2.7.7 Geogrid Wall Reinforcement

Secara umum *geogrid* adalah bahan *geosynthetic* yang berfungsi sebagai Perkuatan (*reinforcement*) dan Stabilisasi (*stabilization*), dengan penjelasan detailnya sebagai berikut:

a. Geogrid Uniaxial

Berfungsi sebagai material perkuatan pada system konstruksi dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) dan perkuatan lereng (*Slope Reinforcement*)

b. Geogrid Biaxial

Berfungsi sebagai stabilisasi tanah dasar. Seperti pada tanah dasar lunak (*soft clay* maupun tanah gambut). Metode kerjanya adalah interlocking, artinya mengunci agregat yang ada diatas Geogrid sehingga lapisan agregat tersebut lebih kaku, dan mudah dilakukan pemadatan.

c. Geogrid Triax

Fungsinya sama dengan *Biaxial* sebagai material stabilisasi tanah dasar lunak, hanya saja performanya lebih baik. Hal ini disebabkan bentuk bukan segitiga lebih kaku sehingga penyebaran beban menjadi lebih merata.

Pada perencanaan *geogrid* untuk timbunan bersisi tegak, ditinjau stabilitas pada :

1. *Internal Stability*
2. *Overall Stability*

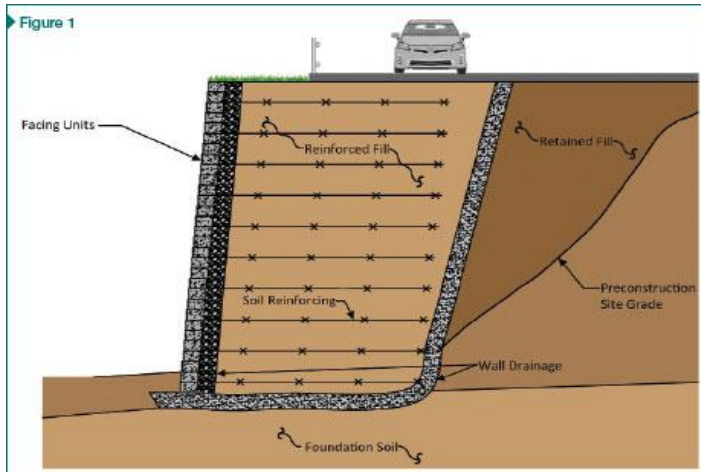
Sehingga dapat ditentukan jumlah *geogrid* dan mutu *geogrid* yang memenuhi kedua syarat kestabilan tersebut. Untuk perhitungan stabilitas timbunan dan perhitungan kebutuhan jumlah *geogrid* menggunakan persamaan dan langkah-langkah perhitungan yang sama persis seperti perhitungan *geotextile*. Sehingga dapat digunakan semua persamaan di sub-bab 2.7.3.

2.7.8 Retaining Wall Reinforcement Wall

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur akan cenderung terguling atau tergeser.

Berdasarkan bentuk dan penahanan terhadap tanah, dinding penahan tanah tipe *gravity* merupakan dinding penahan tanah yang mengandalkan berat bahan sebagai penahan tanah. Selain itu, bahan dari dinding ini dapat dibuat dari blok batuan dan bata. Stabilitas dinding ini tergantung beratnya dan tidak ada gaya tarik di setiap bagian dari dinding. Karena bentuknya yang sederhana dan juga pelaksanaan yang mudah, jenis ini sering digunakan apabila dibutuhkan konstruksi penahan yang tidak terlalu tinggi atau bila tanah pondasinya baik.

Keystone wall/reinforced earth wall yang direncanakan tidak menerima gaya horisontal dari timbunan tanah karena semua gaya horisontal telah diterima oleh *geogrid*. Dalam perencanaan *keystone wall/reinforced earth wall*, digunakan metode Rankine untuk menghitung kekuatan *keystone wall/reinforced earth wall*. Oleh karena itu hanya dilakukan kontrol daya dukung terhadap beban yang diakibatkan oleh berat material *keystone/reinforced earth wall* itu sendiri. Contoh *Keystone wall / reinforced gogrid-wall* dapat dilihat pada Gambar 2.10 sebagai berikut :



Gambar 2.12 Aplikasi keystone/reinforced earth wall

Sumber : Constructionspecifier

Dalam perhitungan kontrol daya dukung *keystone wall/reinforced earth wall*, perlu merencanakan lebar dan dalam pondasi *keystone wall/reinforced earth wall* agar pondasi dapat memberikan daya dukung terhadap beban *keystone wall/reinforced earth wall*. Sehingga untuk menghitung daya dukungnya digunakan persamaan sebagai berikut :

$$SF_{ambas} = \frac{Q_{ultimite}}{Q_{keystone}} \quad (2.61)$$

Dimana :

- SF = faktor aman daya dukung, SF=3
- Qult = Beban ultimit daya dukung pada tanah dasar
- QWall = Berat 1 buah precast wall x jumlah precast wall yang dibutuhkan dalam satuan tinggi x jumlah keystone per meter dalam satuan lebar.

2.8 *Bridge Structure*

Bridge structure merupakan struktur yang berupa plat (*slab*) yang bertumpu pada Poer yang menggunakan Pondasi Tiang Pancang (*Pile*). Struktur *Bridge Structure* digunakan karena *reinforced geogrid-wall* tidak dapat menahan plat diatasnya. Pada *system* struktur ini pelat lantai (*slab*) jembatan didukung dengan poer dan tiang pancang yang ditanam sampai ketanah keras. Untuk kemudahan pelaksanaan pekerjaan di lapangan, digunakan *slab* dan *pile head* dari beton pracetak (*precast concrete*), dan tiang pancang dari beton prategang (*pre-stressed concrete*).

2.9 *Pembebanan Bridge Structure*

Untuk keperluan analisis pembebanan pada struktur *Bridge Structure* maka digunakan ketentuan peraturan yang berlaku di negara Indonesia. Peraturan yang digunakan adalah SNI untuk pembebanan pada jembatan yaitu SNI 1725:2016 Pembebanan untuk jembatan.

2.9.1 *Beban Mati*

Massa setiap bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah massa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah $9,81 \text{ m/detik}^2$.

Tabel 2.2 Berat isi untuk beban mati

No.	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c < 35 \text{ MPa}$	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c < 105 \text{ MPa}$	$22 + 0,022 f_c$	$2240 + 2,29 f_c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

Sumber : (SNI 1725:2016)

Sedangkan berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dianggap tetap.

Tabel 2.3 Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber : (SNI 1725:2016)

2.9.2 Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis terpusat (BGT). Factor beban yang digunakan terlihat seperti Tabel 2.4.

Tabel 2.4 faktor beban lajur “D”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber : (SNI 1725:2016)

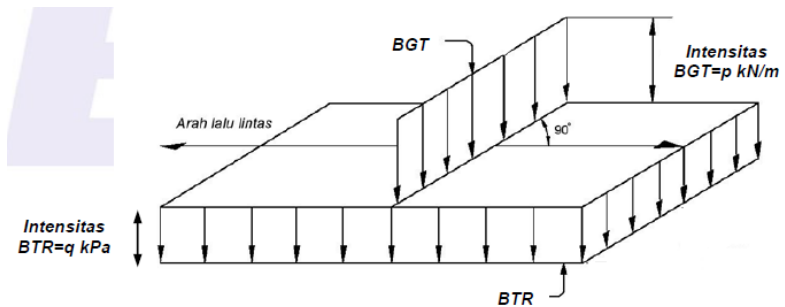
2.9.3 Intensitas beban “D”

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa dengan besaran q tergantung pada Panjang total yang dibebani.

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2.62)$$

$$\text{Jika } L \geq 30 \text{ m} : q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \quad (2.63)$$

Sedangkan beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.



Gambar 2.13 Beban Lajur “D”
Sumber : SNI 1725:2016

2.9.4 Beban truk “T”

Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

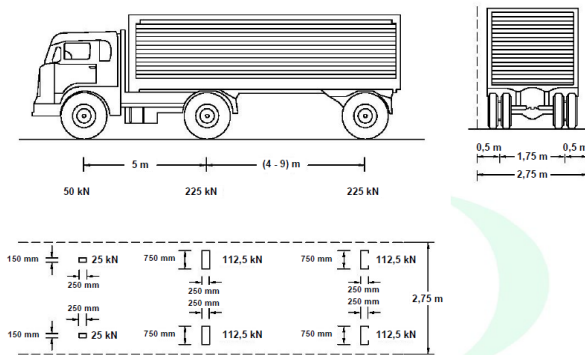
Tabel 2.5 faktor beban “T”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban	
		Keadaan Batas Layan (γ_{II}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{II}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber : (SNI 1725:2016)

2.9.5 Besaran pembebanan truk “T”

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer*. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama rata yang merupakan beban kontak antara roda dengan permukaan lantai.



Gambar 2.14 Pembebanan Truk “T” (500 kN)

Sumber : SNI 1725:2016

2.10 Perencanaan Micropile

Penggunaan *micropile* dimaksudkan untuk menaikkan tahanan geser tanah. Bila tahanan tanah terhadap geser meningkat, maka daya dukung tanah juga meningkat. Konstruksi micropile yang dipakai biasanya terbuat dari beton. Untuk menghitung kebutuhan cerucuk per-meter, terlebih dahulu ditentukan kekuatan 1 tiang/micropile untuk menahan gaya horizontal.

$$T = \left(\frac{E \cdot I}{f} \right)^{1/5} \quad (2.64)$$

Dimana :

E = modulus elastisitas tiang (kg/cm²)

I = momen inersia Tiang (cm⁴)

F = koefisien dari variasi modulus tanah (kg/cm³)

T = faktor kekakuan relatif (cm)

$$P = \frac{M_p}{F_m \cdot x \cdot T} \quad (2.65)$$

Dimana :

M_p = Momen lentur (kg-cm)

F_m = koefisien akibat gaya lateral

P = gaya horizontal yang diterima cerucuk (kg)

T = faktor kekakuan relatif (cm)

$$P \text{ max 1 tiang} = \frac{M_{p \text{ max 1 tiang}}}{F_m \times T} \times F_k \quad (2.66)$$

$$F_k = 2,643 \times \left[\frac{0,89 + 0,12 \frac{L}{D}}{2,69} \right] \times \left[\frac{0,855 \times C_u^{-0,392}}{2,865} \right] \quad (2.67)$$

Dimana :

L = panjang cerucuk dibawah bidang longsor

D = diameter cerucuk

2.11 Perencanaan Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang ini umumnya didukung oleh tanah dengan kombinasi antara gesekan (*friction*) tiang pancang dengan tanah dan daya dukung ujung tiang (*end bearing*). Penyebutan jenis tiang pancang tergantung pada yang mana dari 2 jenis gaya pendukung yang dominan. Jika yang dominan adalah gaya pendukung akibat gesekan, maka tiang pancang tersebut dinamakan “tiang atas dasar gesekan (*friction pile*)”. Tapi jika daya dukung yang dominan adalah daya dukung ujung, tiang pancang dinamakan “tiang atas dasar daya dukung ujung” (*end-bearing pile*). Oleh karena itu, perumusan daya dukung pondasi tiang pancang didasarkan atas gesekan antara tiang dengan tanah dan daya dukung ujung tiang. Menurut Tomlison (1980), fungsi dan pondasi tiang pancang adalah :

1. Meneruskan beban-beban konstruksi di atas tanah ke lapisan tanah yang mempunyai daya dukung yang besar.
2. Menahan gaya gesekan ke atas.
3. Menahan gaya lateral.

Secara umum perumusan kapasitas daya dukung tiang pancang dapat dirumuskan :

$$Q_{ult} = Q_s + Q_p \quad (2.68)$$

Dimana:

Q_{ult} = Daya dukung ultimate pondasi tiang pancang

Q_s = Gesekan sepanjang keliling tiang pancang (*friction*).

Q_p = Daya dukung ujung tiang pancang (*end bearing capacity*)

Adapun metode yang dipakai untuk mendapatkan harga Q_{ult} dapat berdasarkan data SPT (*Standard Penetration Test*) di lapangan.

Data SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan daya dukung tiang pancang dan harus dilakukan beberapa koreksi terhadap data tersebut. Koreksi-koreksi yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut :

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Untuk tanah pasir halus, pasir belanau, dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dengan harga $N > 15$, maka harga N dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut dan diambil harga yang terkecil :

$$a. N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N-15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960}) \quad (2.68)$$

$$b. N_1 = 0,6 N \quad (\text{Bazara, 1967}) \quad (2.69)$$

Untuk jenis tanah lempung, lanau, pasir kasar dengan harga $N \leq 15$ tidak perlu dilakukan koreksi sehingga $N_1 = N$.

Catatan: Untuk jenis tanah di lapisan pasir tersebut di atas, koreksi ini tidak diperlukan.

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Hasil dari koreksi terhadap muka air tanah (N_2) dikoreksi terhadap pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah, di mana harga N tersebut didapatkan (tekanan vertikal efektif = tekanan *overburden*). Menurut Bazaraa (1967), koreksi terhadap tekanan *overburden* dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

- Bila $\sigma_o \leq 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4xN_t}{1+0,4 x \sigma_o} \quad (2.70)$$

- Bila $\sigma_o > 7,5 \text{ ton/m}^2$, maka:

$$N_2 = \frac{4xN_t}{3,25+0,1 x \sigma_o} \quad (2.71)$$

Dimana:

σ_o = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan tanah atau kedalaman yang ditinjau.

Harga N_2 yang didapat nilainya harus kurang dari atau sama dengan dua kali harga N_1 ($N_2 \leq 2N_1$).

Untuk menghitung *end-bearing capacity* berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$P_{ujung} = C_{nujung} \times A_{ujung} \text{ (ton)} \quad (2.72)$$

Dimana:

$$C_{nujung} = 40 \times N, \text{ (ton/m}^2\text{)}$$

N = harga rata-rata N_2 dari 4.D di bawah ujung tiang pancang sampai dengan 8.D di atas ujung tiang pancang.

$$A_{ujung} = \text{luas ujung tiang pancang, (m}^2\text{)}$$

Untuk menghitung *friction* sepanjang tiang pancang berdasarkan persamaan berikut :

$$\sum Psi = Cl_i \times A S_i \quad (2.73)$$

Dimana :

$Cl_i = fs_i$ = hambatan geser selimut tang pada setiap lapisan atau kedalaman.

= $N_i / 2$ (ton/m²), untuk tanah lempung atau lanau.

= $N_i / 5$ (ton.m²), untuk tanah pasir.

As_i = luas selimut tiang pada setiap lapisan i.

= $O_i \times h_i$

O_i = keliling tiang pancang.

Sehingga :

$$P_{Ult} 1 - \text{tiang} = P_{Ujung} + \sum Psi \quad (2.74)$$

$$P_{ijin} = \frac{P_{Ult} 1 - \text{tiang}}{SF} \quad (2.75)$$

Harga $SF = 2$ untuk beban sementara, dan $SF = 3$ untuk beban tetap.

2.11.1 Kapasitas Daya Dukung dan Ketahanan Pondasi Kelompok Tiang

Jika daya dukung *ultimate* kelompok tiang pancang kategori *end bearing piles*, maka daya dukung kelompok tiang pancang dapat dianggap sebagai daya dukung sebuah tiang dikalikan dengan jumlah tiang pancang. Tetap jika termasuk kategori *friction piles*, maka terdapat faktor reduksi pada daya dukung tiang pancang.

Faktor reduksi tersebut dapat ditentukan dengan rumus Converse-Labarre (Poulus dan Davis, 1980), yaitu:

$$C = 1 - \text{arc. tan} \frac{D}{S} \times \left[\frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{90 \times m \times n} \right] \quad (2.76)$$

Dimana:

C = faktor reduksi

D = diameter tiang pancang

S = jarak antara pusat tiang pancang

m = jumlah baris dalam kelompok tiang pancang

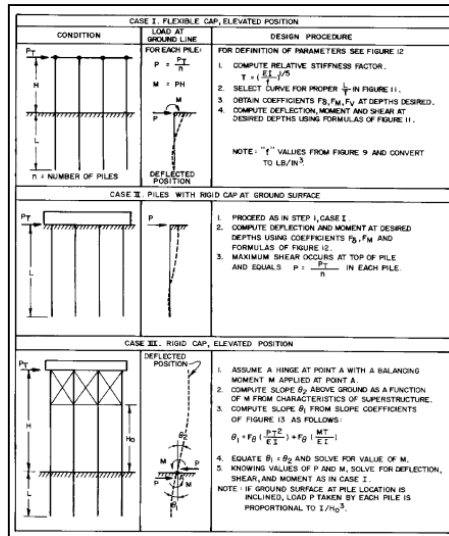
n = jumlah tiang pancang dalam satu baris

Selain didesain mampu menahan gaya vertikal, pondasi tiang pancang juga harus didesain mampu menahan gaya lateral yang bekerja padanya. Pada konstruksi jembatan, gaya lateral yang bekerja pada pondasi tiang pancang dapat berupa gaya gesek pada tumpuan bergerak, gaya rem, gaya gempa, gaya akibat angin, dan gaya akibat tekanan tanah.

Perumusan yang dipakai dalam perhitungan gaya lateral yang mampu diterima oleh pondasi tiang pancang dalam tugas akhir ini diambil dari NAVFAC DM-7 (1971). Menurut NAVFAC DM-7 tersebut, gaya lateral yang bekerja pada pondasi tiang pancang dibedakan atas 3 (tiga) kondisi, yaitu:

1. Tiang pancang yang poernya fleksibel atau tiang pancang yang terjepit ujungnya. Kondisi ini disebut sebagai kondisi I.
2. Tiang pancang dengan poer kaku menempel di atas permukaan tanah. Kondisi ini disebut sebagai kondisi II.
3. Tiang pancang dengan poer kaku terletak pada suatu ketinggian. Kondisi ini disebut sebagai kondisi III.

Ketiga kondisi tersebut seperti dijelaskan pada Gambar 2.12 sebagai berikut :



Gambar 2.15 Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi
 Sumber : Design Manual, NAVFAC DM-7, (1971)

Prosedur perhitungan untuk masing-masing kondisi adalah sebagai berikut:

• **Kondisi I:**

1. Menghitung faktor kekakuan relative (*relative stiffness factor*).

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.77)$$

Dimana:

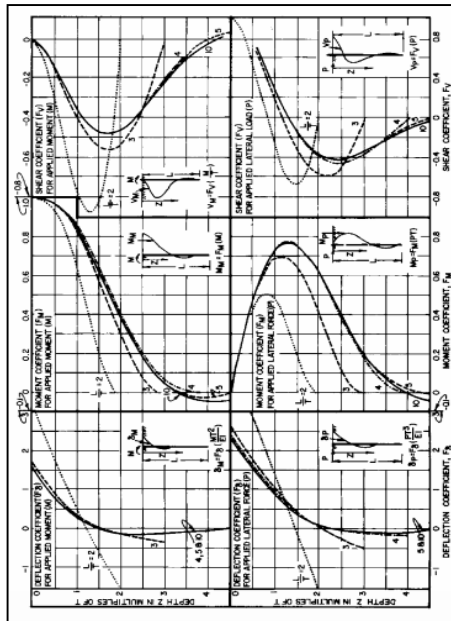
E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), Kg/cm²

I = momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³

T = faktor kekakuan relative, dalam cm.

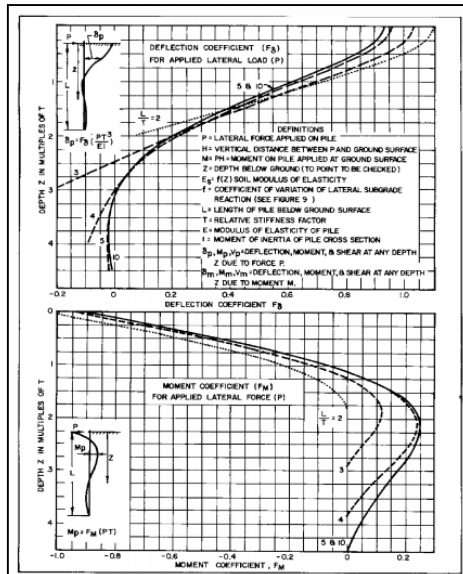
2. Menghitung defleksi, momen dan gaya geser pada kedalaman yang ditinjau dari rumus yang terdapat pada Gambar 2.13



Gambar 2.16 Koefisien-koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada kondisi I
Sumber : Design Manual, NAVFAC DM-7, (1971)

- **Kondisi II**

1. Sama dengan langkah 1 kondisi I.
2. Menentukan koefisien defleksi (F_D) dan koefisien (F_M).
3. Menghitung defleksi dan besarnya momen seperti pada Gambar 2.14 berikut :



Gambar 2.17 Koefisien-Koefisi untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II

Sumber : Design Manual, NAVFAC DM-7, (1971)

4. Gaya geser maksimum dianggap terjadi pada ujung atas tiang pancang, yang besarnya untuk 1 tiang pancang adalah :

$$P = \frac{PT}{n}$$

Dimana:

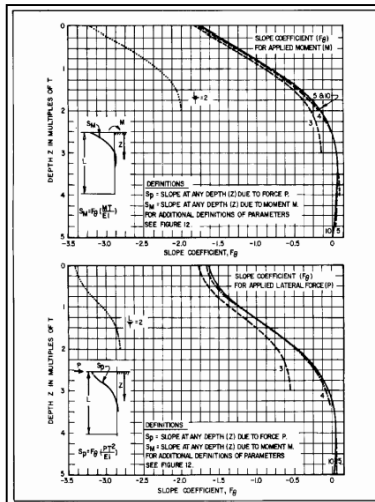
P = besar gaya geser 1 tiang pancang

PT = besar gaya geser total yang bekerja

n = jumlah tiang pancang

• **Kondisi III:**

1. Menganggap pada titik A terjadi jepitan dan momen M_1 seperti pada Gambar 2.15 sebagai berikut :



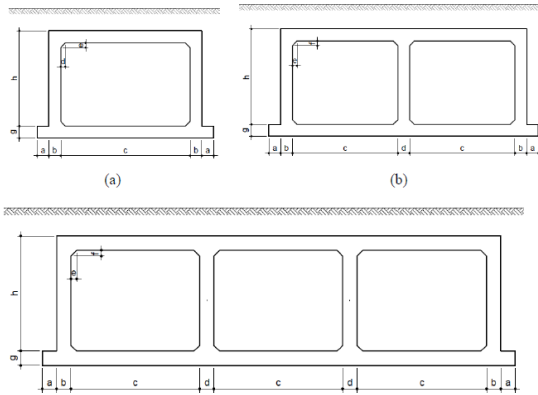
Gambar 2.18 Koefisien-Koefisi untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi III

Sumber : Design Manual, NAVFAC DM-7, (1971)

2. Menghitung sudut θ_2 di atas tanah.
3. Menghidung sudut θ_1 dari koefisien sudut (F_0) dari rumus yang terdapat pada gambar 2.30.
4. Dengan persamaan $\theta_1 = \theta_2$, diperoleh nilai momen.
5. Setelah mendapatkan nilai M dan P_1 , menghitung besaryadefleksi, gaya geser dan momen seperti pada Kondisi I.

2.12 Box Culvert

Box culvert merupakan bangunan yang dibangun dibawah jalan atau jembatan yang dipergunakan sebagai jalur penghubung seperti jlan, saluran air, pipa gas, pipa kabel listrik dan lain sebagainya. Pada dasarnya box culvert adalah sebuah konstruksi yang menyerupai “pipa” persegi atau persegi panjangyang terbuat dari beton bertulang guna untuk memperkuat konstruksi memikul beban diatasnya. Pengerjaannya ada berupa cor ditempat dan adapula yang berupa beton pra-cetak (*precast*).



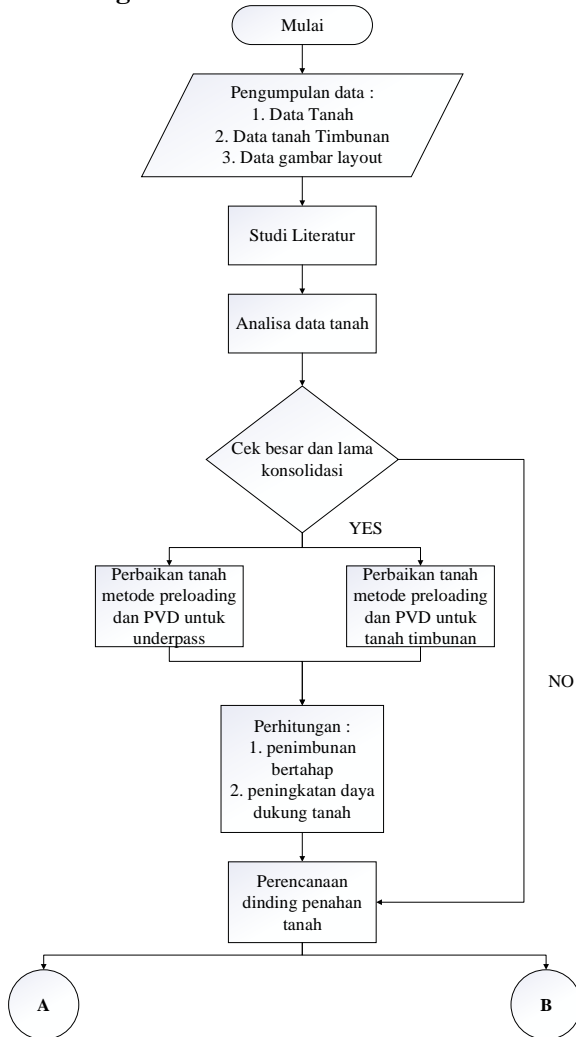
Gambar 2.17 tipikal *box culvert*

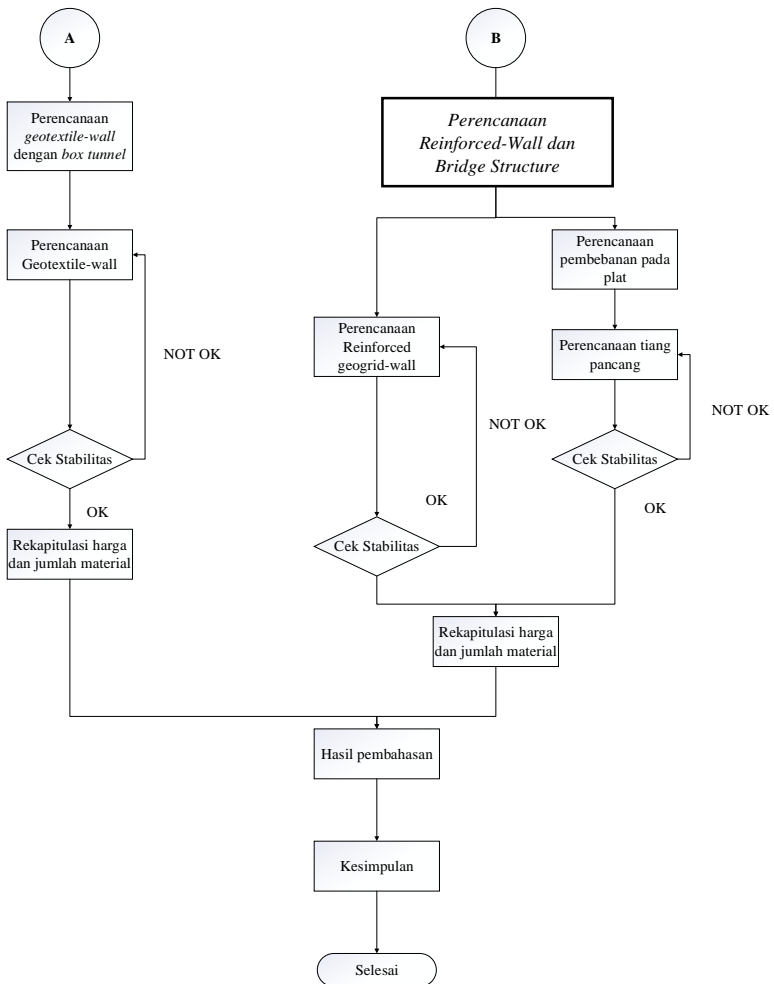
Sumber : polban, gambar Teknik perancangan jalan dan jembatan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram alir





Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Pengumpulan Data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait. Beberapa data yang diperlukan dalam proses perhitungan antara lain:

1. *Layout* area lokasi
2. Boring log dan SPT
3. Hasil tes laboratorium

Dari layout gambar dizonafikasi sehingga didapat zona station yang akan ditinjau berdasarkan kedalaman tanah lunak dari setiap segmen penyelidikan tanah dilapangan. Untuk analisa data tanah menggunakan analisa statistik dan parameter tanah yang berasal dari penyelidikan tanah dilapangan dan laboratorium kemudian dianalisa maka akan didapatkan hasil data tanah yang digunakan untuk perhitungan pada tugas akhir.

3.3 Studi Literatur

Studi Literatur dalam sebuah perencanaan mempunyai tujuan yaitu mengumpulkan referensi yang diperlukan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang perbaikan tanah dasar pada jalan. Adanya referensi akan mempermudah dan membantu dalam penyelesaian perencanaan ini. Referensi yang ada bisa didapatkan dari berbagai macam sumber, dimulai dari diktat kuliah, buku-buku yang berhubungan dengan perencanaan tersebut, jurnal, bahkan dari internet. Berikut ini adalah bahan yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan:

1. Teori Pemampatan/*Settlement*
2. Teori Waktu Konsolidasi
3. Teori *Preloading*
4. Teori Perencanaan *Vertical Drain*
5. Teori Perencanaan *Geotextile-Wall*
6. Teori Perencanaan *Reinforced-Geogrid Wall*
7. Perhitungan Stabilitas Timbunan
8. Perencanaan *Bridge Structure*
9. Referensi Penggunaan Geoslope atau xstabil

3.4 Perbaikan Tanah Metode Preloading

Tahapan untuk perbaikan Tanah dengan metode preloading adalah sebagai berikut :

- a. Perhitungan pembebanan awal ($H_{initial}$, H_{Final})

Seluruh beban yang akan diterima oleh tanah dasar baik berupa beban lalu lintas, beban timbunan tanah dan beban timbunan yang direncanakan akan digantikan dengan timbunan tanah. Beban timbunan yang digunakan pada tahap preloading merupakan beban yang ekuivalen dengan beban yang akan diterima tanah dasar setelah konstruksi selesai dilaksanakan. Pada tahap perhitungan beban awal ini akan dicari berapa tinggi timbunan pengganti tersebut. Dengan merencanakan beban awal yang akan diterima oleh tanah dasar maka akan didapatkan hasil $H_{initial}$, H_{final} dan *settlement* total dari beban yang berbeda-beda dan akan didapatkan kurva hubungan anatara $H_{initial}$ dan H_{final} serta kurva hubungan antara H_{final} dengan *settlement* total yang pada akhirnya akan didapatkan berapa $H_{initial}$ yang dibutuhkan dan berapa *settlement* total untuk timbunan tersebut.

- b. Pehitungan besar dan lama waktu *settlement*

Akibat beban timbunan diatas tanah dasar maka akan menyebabkan penurunan (*settlement*) pada tanah dasar. Besar penurunan yang terjadi tergantung dari seberapa besar beban yang diterima tanah dasar. Sedangkan lama waktu penurunan yang terjadi tergantung pada jenis tanah dasar. Waktu pemampatan direncanakan tidk lebih dari 3 bulan. Hal tersebut dilakukan agar proses konstruksi tidak berlangsung lama.

- c. Perhitungan jarak pada masing-masing Variasi pemasangan PVD

Pada jenis tanah tertentu lama waktu yang terjadi dapat berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Apabila kondisi tersebut terjadi maka penggunaan PVD sangat diperlukan. Dalam perencanaan PVD akan ditentukan beberapa jarak pemasangan PVD yang direncanakan dan Pola pemasangan PVD yang akan direncanakan adalah pola segiempat dan pola segitiga.

d. Analisa tinggi kritis timbunan

Untuk mencari tinggi kritis timbunan akan digunakan software Xstabl atau Geoslope. Dengan cara mencari nilai SF dari beberapa percobaan tinggi timbunan maka akan didapatkan kurva hubungan antara SF dan tinggi timbunan. Maka dari grafik perbandingan tersebut akan didapatkan H kritis untuk tinggi timbunan tertentu. Dalam perencanaan tugas ini SF kritis yang direncanakan adalah 1,2.

e. Perhitungan peningkatan kohesi *undrained* (Cu) akibat *preloading* secara timbunan bertahap.

Preloading tanah dilakukan secara bertahap, dan setiap tahap dari penimbunan akan dihitung peningkatan kohesi *undrained* (Cu) dari tanah dasar. Penimbunan bertahap akan dilanjutkan hingga mencapai tinggi kritis timbunan. Setelah itu dihitung peningkatan dari Cu tanah dasar. Jika Cu tanah dasar meningkat dan sanggup maka penimbunan akan dilanjutkan, apabila Cu tanah dasar meningkat namun tanah dasar tidak sanggup menahan timbunan, maka penimbunan dihentikan untuk sementara dan ditunggu hingga peningkatan Cu dimana tanah dasar telah kuat menahan beban penimbunan berikutnya. Apabila waktu tunggu dari peningkatan Cu terlalu lama maka dibutuhkan perkuatan dari timbunan tersebut.

3.5 Perencanaan Perkuatan Dinding Penahan Tanah

Perkuatan dinding yang akan digunakan terdiri dari dua alternatif yaitu perkuatan dinding penahan tanah dengan *geotextile-wall* dan perkuatan tanah dengan *reinforced-geogrid wall*. Dalam merencanakan *reinforced-geogrid wall* perlu direncanakan juga untuk *Bridge Structure*. Dikarenakan *Multiblock* yang digunakan pada metode *reinforced-geogrid wall* tidak dapat menahan plat untuk menahan timbunan di atasnya maka perlu digunakan konstruksi *Bridge Structure*.

- Perkuatan dinding penahan dengan *geotextile-wall* :
 1. Menentukan gaya tarik 1 *geotextile*
 2. Menentukan jumlah lapis kebutuhan *geotextile*
 3. Menentukan panjang *geotextile*

- Perkuatan dinding penahan tanah dengan *reinforced-geogrid wall*:
 1. Menentukan kekuatan 1 *multiblock*
 2. Menentukan jumlah kebutuhan *multiblock*
 3. Menentukan kebutuhan *geogrid*
- *Bridge Structure* :
 1. Menghitung pembebanan pada plat
 2. Menentukan 1 kekuatan tiang pancang
 3. Menentukan panjang tiang pancang
 4. Menentukan jumlah tiang pancang

3.6 Perhitungan Volume Material

Setelah perencanaan untuk perbaikan tanah dan perkuatan dinding penahan tanah selesai dilakukan maka dilakukan perhitungan untuk berapa banyak jumlah material yang dibutuhkan untuk masing-masing alternatif yang telah dilakukan analisa perhitungannya. Sehingga akan didapatkan alternatif mana yang memiliki efisiensi dari segi material yang dibutuhkan.

3.7 Perhitungan Biaya dan Kesimpulan

Setelah tahapan perhitungan volume material selesai dilaksanakan maka tahapan untuk perhitungan biaya untuk masing-masing alternatif perencanaan dapat dilakukan. Dari hasil perhitungan biaya tersebut maka akan didapatkan hasil analisa perhitungan untuk biaya total masing-masing alternatif perencanaan. Sehingga dapat dilakukan pemilihan untuk alternatif mana yang paling murah untuk dilaksanakan.

Dengan selesai dilakukannya proses analisa perhitungan mulai dari tahap perencanaan hingga tahap perhitungan biaya, maka dapat ditarik kesimpulan pada tahap akhirnya. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah berapa jumlah kebutuhan material dari tiap perencanaan alternatif dan berapa biaya yang dibutuhkan dari masing-masing alternatif. Sehingga dapat diketahui alternatif mana yang memiliki efisiensi dari segi material dan biaya. Pada akhirnya alternatif yang memiliki biaya paling murah yang akan dipilih.

BAB IV

ANALISA DATA PERENCANAAN

4.1 Data Tanah Dasar

Data tanah yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini merupakan tanah *undisturbed sample* yang berasal dari data *Borlog* dan data rekap hasil uji laboratorium pada laporan data hasil penyelidikan tanah pada proyek tol Gempol-Pasuruan STA 30+000 hingga STA 38+968. Tanah Timbunan dan dinding penahan tanah konstruksi *underpass* yang akan direncanakan terdapat pada STA 30+350 hingga STA 30+950 , data tanah rekap laboratorium lengkap yang tersedia hanya STA 31+000 dan STA 32+000 (Lampiran 1-A dan 1-B). Data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Tabel rekapitulasi parameter tanah STA 32+000

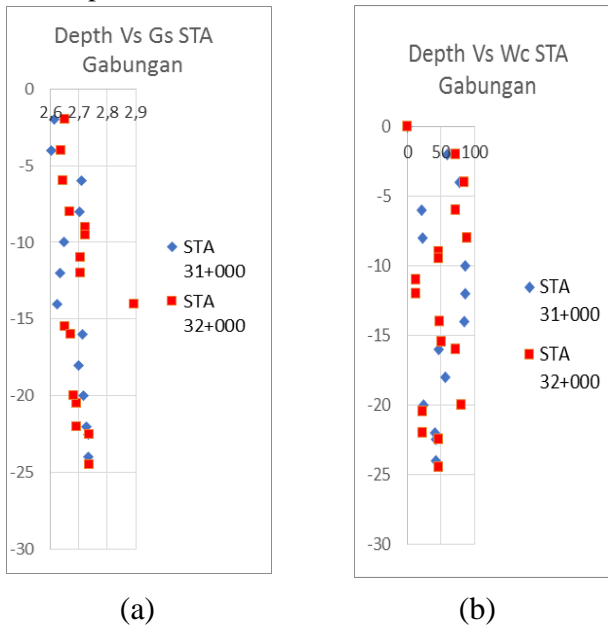
Depth	Wc (%)	Gs (gr/cm3)	yd (gr/cm3)	ϕ	LL (%)	PL (%)	IP (%)
0	2	71,59	2,652	0,927	11,00	79,7	37,24
2	4	84,50	2,637	0,810	9,00	83,29	37,09
4	6	72,30	2,643	0,909	10,00	81,84	36,29
6	8	88,80	2,666	0,774	12,00	81,53	37,07
8	10	46,38	2,722	1,196	22,00	-	-
10	12	13,65	2,706	1,788	19,00	-	-
12	14	48,44	2,695	1,132	15,00	-	-
14	16	51,44	2,652	1,074	11,00	78,82	35,21
16	18	71,97	2,671	0,883	12,00	78,42	37,14
18	20	79,62	2,682	0,842	13,00	76,59	37,36
20	22	22,92	2,691	1,659	14,00	-	-
22	24	46,91	2,736	1,159	25,00	-	-

Tabel 4.2 Tabel rekapitulasi parameter tanah STA 31+000

Depth	Wc (%)	Gs (gr/cm3)	yd (gr/cm3)	ϕ	LL (%)	PL (%)	IP (%)
0	2	58,75	2,612	1,001	7,00	81,64	34,31
2	4	77,12	2,603	0,877	6,00	69,08	35,04
4	6	21,46	2,709	1,685	17,00	-	-
6	8	23,03	2,702	1,620	18,00	-	-
8	10	86,24	2,648	0,745	11,00	-	-
10	12	86,05	2,633	0,742	8,00	81,4	37,11
12	14	84,63	2,624	0,783	7,00	83,57	37,07
14	16	46,32	2,713	1,155	20,00	83,48	36,12
16	18	56,35	2,698	1,002	16,00	-	-
18	20	24,86	2,716	1,575	21,00	-	-
20	22	41,77	2,727	1,208	23,00	-	-
22	24	41,86	2,733	1,234	24,00	-	-

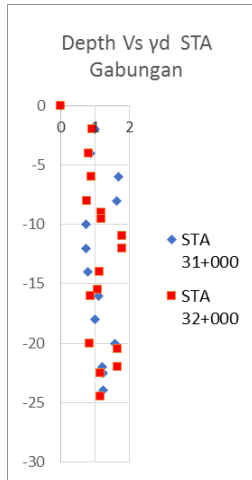
Perencanaan Konstruksi yang akan dikerjakan berada pada STA 30+350 sampai STA 30 + 950. Sedangkan data tanah yang

dimiliki hanya pada STA 31+000 dan STA 32+000 sehingga perlu dilakukan statistika statigrafi dengan tingkat kepercayaan 95% (Persamaan 2.2). Dari setiap parameter yang ada, data-data dikelompokkan berdasarkan kedekatan nilai terhadap nilai parameter, jenis tanah dan kedalaman. Setiap nilai kemudian disatukan dan dilakukan Analisa dengan metode statistik distribusi. untuk mendapatkan parameter tanah yang hampir sesuai pada lokasi konstruksi untuk digunakan pada perencanaan geoteknik. Grafik gabungan parameter tanah STA 31+000 dan STA 32+000 dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

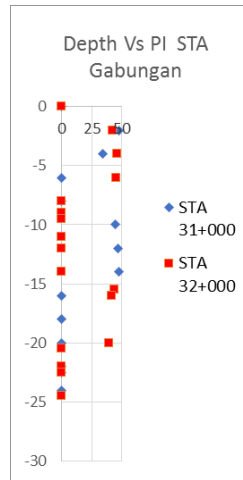


Gambar 4.1 Grafik parameter tanah menurut *Gravity specific* (Gs) dan *Water Content* (Wc)

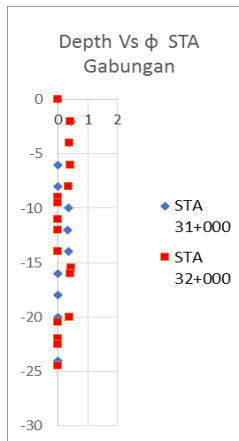
Sumber : Analisa penulis



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.2 Grafik Parameter tanah menurut berat jenis tanah kering (λ_d), plasticity index (PI) dan sudut geser tanah (ϕ)

Sumber : Analisa Penulis

Dikarenakan ada beberapa parameter tanah tidak sesuai dengan kondisi tanah dilapangan maka untuk nilai C_u dan C_c perlu dicari dengan rumusan empiris sesuai dengan Persamaan 2.4 Dan Persamaan 2.6. Sedangkan nilai C_v didapatkan dengan cara korelasi menggunakan grafik. Hasil dari analisa statistika statigrafi dan korelasi rumus empiris serta korelasi grafik untuk selanjutnya akan digunakan sebagai data acuan untuk perencanaan geoteknik dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Data tanah

Depth	Wc (%)	Gs (gr/cm ³)	yt (ton/m ³)
0	2	71,81	2,660
2	4	71,81	2,660
4	6	71,81	2,660
6	8	71,81	2,660
8	10	71,81	2,660
10	12	71,81	2,660
12	14	71,81	2,660
14	16	62,87	2,691
16	18	62,87	2,691
18	20	62,87	2,691
20	22	36,20	2,717
22	24	0,00	2,717

Sumber : Analisa Penulis

Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Tanah

Depth	e	qu (kg/cm ²)	ϕ	Cc	Cs	Cv
0	2	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129
2	4	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129
4	6	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129
6	8	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129
8	10	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129
10	12	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129
12	14	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129
14	16	0,93	0,08	12,00	0,727	0,091
16	18	0,93	0,08	12,00	0,727	0,091
18	20	0,93	0,08	12,00	0,727	0,091
20	22	2,02	0,08	20,33	0,872	0,109
22	24	2,02	0,08	20,33	0,872	0,109

Sumber : Analisa Penulis

Data lapangan yang tersedia berupa data Borlog. Data borlog yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 1-C dan Lampiran 1-D. Berdasarkan data borlog di lapangan diketahui bahwa lapisan tanah dengan nilai $N < 10$ terdapat hingga kedalaman 16 m. Kedalaman tersebut digunakan sebagai acuan untuk perhitungan perencanaan.

4.2 Data Tanah Timbunan

Spesifikasi teknis dari material timbunan adalah sebagai berikut :

- Sifat fisik timbunan :

C	= 0
γ_{sat}	= 1,8 t/m ²
γ_t	= 1,8 t/m ²
ϕ	= 30

- Geometri timbunan :

Tinggi final (H-Final) direncanakan bervariasi dan dibagi per segmen. Panjang timbunan yang akan direncanakan adalah 600 m dengan kemiringan 0.75% sehingga terdapat 4 perencanaan H-Final yaitu 6.5 m, 7.5 m, 8.5 m dan 9.5 m.

4.3 Data Spesifikasi Material

a. *Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)*

Jenis PVD yang digunakan adalah PVD GI drain GD-90 dengan spesifikasi :

Thickness (a)	: 4,2 mm
Width (b)	: 100 mm

Spesifikasi lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2-A .

b. Geotextile

Jenis geotextile yang digunakan adalah Geotextile Huesker Stablenka 200/45 dengan spesifikasi :

Ultimate tensile Strength	
Longitudinal	: 200 kN/m
Transverse	: 45 kN/m

Sedangkan untuk timbunan sisi tegak menggunakan Geotextile Huesker Stablenka 100/50 dengan spesifikasi :

Longitudinal : 100 kN/m

Transverse : 50 kN/m

Spesifikasi lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2-B.

c. Reinforced-Wall

Yang digunakan adalah *keystone Wall type Compac IV (straight face)* dengan spesifikasi ;

Width : 305 mm

Thickness : 200 mm

Length : 455 mm

Unit Weight (kg) : 34 kg

Untuk spesifikasi lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2-C.

d. Geogrid

Jenis Geogrid yang digunakan adalah Miragrid Gx Geogrids 100/30 dengan spesifikasi:

Initial Strength (Tu) : 100 kN/m

Initial Strength : 30 kN/m

Spesifikasi lengkap geogrid dapat dilihat pada lampiran 2-C.

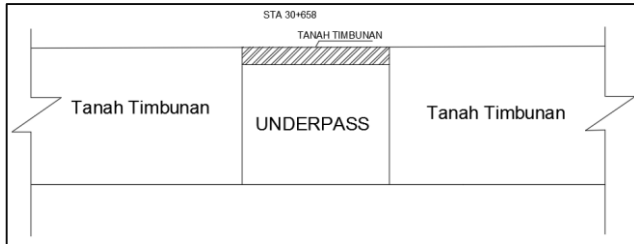
e. Spun Pile

Pada perencanaan ini digunakan *Spun pile Concrete* dari PT. Waskita beton dengan spesifikasi dan diameter yang bervariasi.

Untuk data lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2-D.

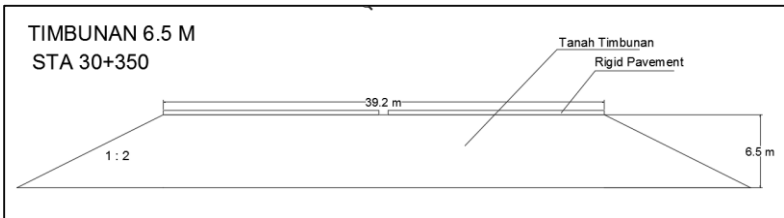
4.4 Data Dimensi *Underpass* dan Timbunan

Perencanaan yang akan dibahas memiliki lingkup perencanaan antara lain perencanaan tanah timbunan dari STA 30+350 hingga STA 30+950 dan perkuatan dinding penahan tanah pada *underpass*. Ilustrasi potongan memanjang tinjauan lokasi konstruksi dapat dilihat pada Gambar 4.4.

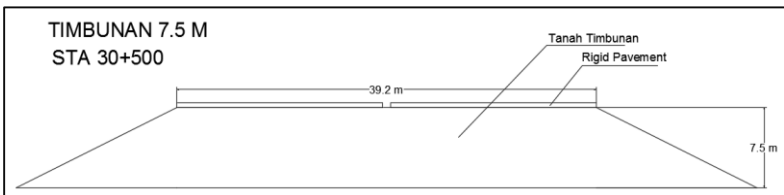


Gambar 4.4 Ilustrasi potongan memanjang konstruksi
Sumber : Penulis

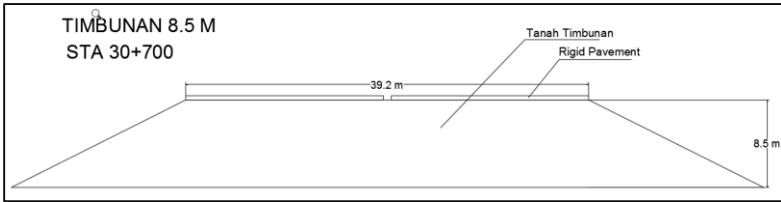
Timbunan yang direncanakan adalah timbunan bersisi miring dengan perbandingan 1:2. Tinggi timbunan yang direncanakan juga bervariasi, hal ini dikarenakan jalan yang direncanakan memiliki kemiringan elevasi sebesar 0.75 %. Berikut merupakan potongan melintang timbunan STA 30+350 (Gambar 4.5), STA 30+500 (Gambar 4.6), STA 30+700 (Gambar 4.7) dan STA 30+950 (Gambar 4.8).



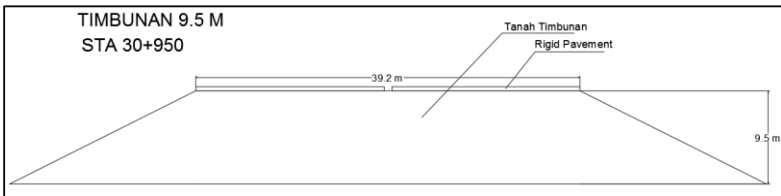
Gambar 4.5 Cross Section STA 30+350 H = 6,5 m



Gambar 4.6 Cross Section STA 30+500 H = 7,5 m

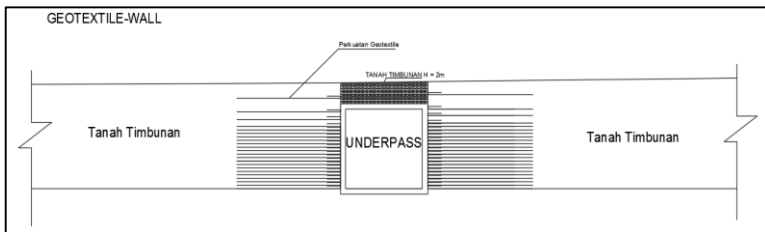


Gambar 4.7 Cross Section STA 30+700 H = 8,5 m

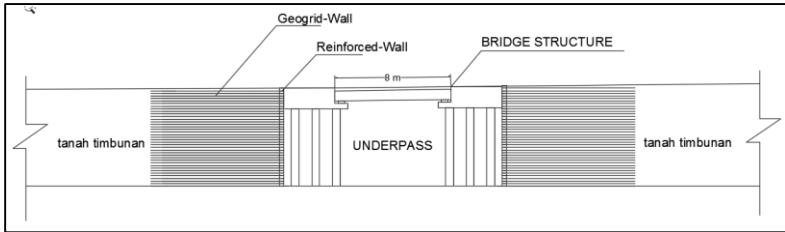


Gambar 4.8 Cross Section STA 30+950 H = 9,5 m

Perencanaan perkuatan dinding yang akan direncanakan terdiri dari 2 alternatif. Perkuatan dinding direncanakan di sisi kanan dan kiri *underpass* yang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Alternatif 1 adalah perkuatan dinding dengan menggunakan *Geotextile-Wall* dengan tetap mempertahankan struktur existing *underpass* yaitu *box tunnel* dengan dimensi panjang 39,2 m, lebar 6 m dan tinggi 5,1 m dengan tanah timbunan setinggi 2 meter diatas *box tunnel* (Gambar 4.9). Alternatif 2 adalah menggunakan perkuatan *reinforced-wall* dengan konstruksi *bridge structure* dengan panjang bentang 8 m dan lebar jembatan 19,2 m (Gambar 4.10).



Gambar 4.9 Sketsa ilustrasi perkuatan Geotextile-Wall



Gambar 4.10 Sketsa ilustrasi perkuatan Reinforced-Wall

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

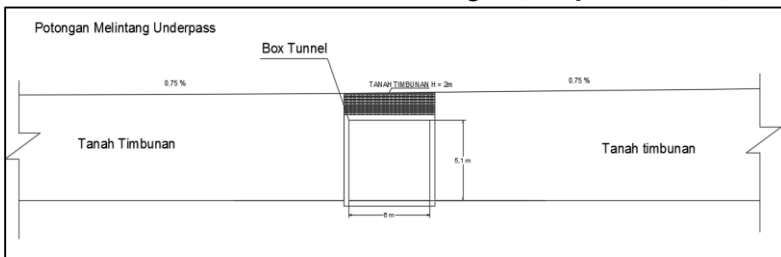
BAB V

ANALISA PERENCANAAN

5.1 Perencanaan Timbunan

Perencanaan yang akan ditinjau melingkupi perencanaan tanah timbunan dari STA 30+350 hingga STA 30+950. Tanah timbunan tersebut terletak pada sisi kanan dan kiri konstruksi *underpass* (Gambar 5.1). Perhitungan perencanaan dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Perhitungan waktu pemampatan
- b. Perencanaan *preloading* dan PVD
- c. Penimbunan bertahap
- d. Perkuatan timbunan sisi miring
- e. Perkuatan timbunan sisi tegak (*Geotextile-Wall*)
- f. Perkuatan Timbunan sisi tegak (*Reinforced-Wall*)



Gambar 5.1 Penampang melintang *box tunnel*

5.1.1 Perhitungan Waktu Pemampatan Tanpa PVD

Dilakukan perhitungan untuk mengetahui waktu pemampatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan yang terjadi menggunakan Persamaan 2.24. tujuan dari perhitungan tersebut adalah untuk mengetahui perlu atau tidaknya penggunaan metode untuk mempercepat proses pemampatan. Karena terdapat beberapa lapisan tanah yang memiliki nilai C_v yang berbeda, maka nilai C_v yang akan digunakan pada perencanaan ini adalah nilai C_v gabungan dari nilai keseluruhan

lapisan. Menghitung nilai C_v gabungan dapat dilakukan dengan cara berikut.

$$\begin{aligned} C_v \text{ gabungan} &= \frac{\Sigma H (dr)}{\Sigma (H (dr) / \sqrt{C_v})^2} \\ &= \frac{16}{\Sigma (932,823)^2} \\ &= 0,00029 \text{ cm}^2/\text{s} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai C_v gabungan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk lama waktu pemampatan (t).

$$T (U 90\%) = 0,848 \text{ (berdasarkan Tabel 2.1)}$$

$$H (dr) = 16 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} C_v \text{ gab} &= 0,00029 \text{ Cm}^2/\text{s} \\ &= 0,925 \text{ m}^2/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{T \times (H (dr))^2}{C_v \text{ gab}} \\ &= \frac{0,848 \times (16)^2}{0,925} \\ &= 234,6 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Tabel 5.1 Rekapitulasi data nilai C_v dan perhitungan

kedalaman			tebal lapisan	C_v	$H/C_v^{0.5}$	C_v gabungan
(m)			(m)	cm ² /s	cm ² /s	cm ² /s
0	-	14	14	0,0003	813,2999	0,000294199
14	-	16	2	0,00028	119,5229	
Σ			16		932,8227	

Sumber : Analisa Penulis

Dari Tabel 5.1 di peroleh nilai C_v gabungan sebesar 0,00029 cm²/s dan panjang lapisan *drainage* (H_{dr}) sebesar 16 m. Dari hasil perhitungan tersebut dengan derajat konsolidasi (U) sebesar 90%, waktu pemampatan pada lapisan tanah dasar tersebut membutuhkan waktu selama 234,6 tahun. Oleh karena lamanya waktu pemampatan yang terjadi maka diperlukannya metode untuk mempercepat waktu pemampatan. Pada perencanaan kali ini digunakan metode PVD untuk percepatan proses pemampatan.

5.1.2 Perencanaan Preloading dan PVD

- Perencanaan *H-Initial, H-Final* dan besar *Settlement*

1. Menentukan tebal lapisan *compressible*

Tebal lapisan *compressible* (H) yang diperhitungkan adalah lapisan tanah yang masih bisa mengalami proses konsolidasi primer, yaitu lapisan tanah yang memiliki nilai N-SPT < 10. Sedangkan lapisan tanah dengan nilai N-SPT > 10 dianggap sudah tidak mengalami proses konsolidasi primer, sehingga tidak perlu diperhitungkan sebagai lapisan tanah yang *compressible*. Pada perencanaan ini lapisan *compressible* (H) yang akan diperhitungkan adalah sampai kedalaman 16 m.

2. Menghitung Tegangan *Overburden* Efektif dan *Preconsolidation* efektif.

Perhitungan tegangan efektif *Overburden*

Tegangan *overburden* efektif (P_0') adalah tegangan vertikal efektif dari tanah asli, yaitu :

$$P_0' = \gamma' \times h$$

Dimana :

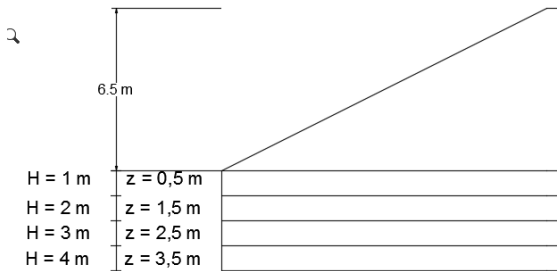
$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{air}}$ (bila terdapat air tanah)

h = setengah dari tebal lapisan lempung yang diperhitungkan.

Perhitungan tegangan efektif *overburden*, sebagai berikut :

Data :

Jenis Tanah	: Lempung / Lanau
Tebal Lapisan	: 3 meter
Berat Jenis tanah (γ_{sat})	: 1,723 t/m ³
Berat Jenis Air	: 1,00 t/m ³



Gambar 5.2 Sketsa lapisan tanah yang ditinjau
Sumber : Penulis

$$\begin{aligned} P_{0'1} &= \gamma' \times z_1 \\ &= (1,723 - 1,00) \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,362 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{0'2} &= \gamma' \times z_2 \\ &= (1,723 - 1,00) \times 1,5 \text{ m} \\ &= 1,085 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{0'3} &= \gamma' \times z_2 \\ &= (1,723 - 1,00) \times 2,5 \text{ m} \\ &= 1,808 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan tegangan efektif *overburden* pada lapisan tanah lainnya dapat dilihat pada lampiran.

a. Perhitungan tegangan efektif *preconsolidation*

Tanah lunak di Indonesia umumnya dapat dianggap sebagai tanah agak *over consolidated* dengan harga P_c' sebagai berikut :

$$P_c' = P_{0'} + \Delta p'$$

Dimana :

P_c' = tegangan prakonsolidasi efektif yang lebih besar dari $P_{0'}$

$P_{0'}$ = tegangan efektif overburden

$\Delta p'$ = penambahan tegangan vertikal akibat fluktuasi muka air

Digunakan asumsi fluktuasi muka air sebesar 2 m maka:

$$\begin{aligned} P_{c'1} &= P_{0'1} + \Delta p' \\ &= 0,362 + 2,0 \\ &= 2,362 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{c'2} &= P_{0'2} + \Delta p' \\ &= 1,085 + 2,0 \\ &= 3,085 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{c'3} &= P_{0'3} + \Delta p' \\ &= 1,808 + 2,0 \\ &= 3,808 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan efektif *preconsolidation* pada lapisan tanah lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3-B.

3. Menghitung distribusi tegangan Akibat beban timbunan

Besarnya penambahan beban (Δp) akibat beban *embankment* (timbunan bentuk *trapezium*) dapat dihitung dengan Persamaan 2.20 dan data perencanaan sebagai berikut :

Perhitungan :

Data Perencanaan :

$$\text{Lebar timbunan} = 39,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi timbunan} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan Talud} = 1:2$$

$$\gamma \text{ timbunan} = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$q = 19,8 \text{ t/m}^2$$

$$B_1 = 19,6 \text{ m}$$

$$B_2 = 13 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = 0,582$$

$$\alpha_2 = 88,539$$

$$\Delta p = q_0 / \pi [\{ (B_1 + B_2) / B_2 \} (\alpha_1 + \alpha_2) - B_1 / B_2 (\alpha_2)]$$

$$\Delta p = 19,8 / \pi [\{ (19,6 + 13) / 13 \} (0,554 + 88,539) - 19,6 / 13 (88,539)]$$

$$\Delta p = 5,373 \text{ kN/m}^2$$

4. Menghitung distribusi tegangan akibat perkerasan dan lalu lintas.

Besarnya penambahan beban (Δp) akibat beban perkerasan dan lalu lintas dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta p = 4 \times I \times q$$

Dimana :

q = tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa beban perkerasan dan lalu lintas.

I = faktor pengaruh (*Influence factor*) yang ditentukan dari kurva didasarkan teori watergaard (Duncan dan Buchigani 1976)

Data perencanaan :

Lebar jalan : 39,2 m

q pavement : 1,21 t/m²

Z = H timb + ½ tebal lapis yang ditinjau

$$= 6 \text{ m} + (1/2 \times 1) = 6,5 \text{ m}$$

m = $B/z = 18,6 \text{ m} / 6,5 \text{ m}$

$$= 3,015$$

n = diasumsikan tak hingga

Kemudian nilai m dan n dimasukan ke dalam grafik faktor pengaruh I (Duncan dan Buchigani, 1976) sehingga didapatkan hasil berupa harga faktor pengaruh akibat beban perkerasan dan lalu lintas. Dari nilai m dan n diatas maka didapat nilai $I = 0,248$, maka :

$$\Delta p_1 = 4 \times I \times q$$

$$= 4 \times 0,248 \times 1,21$$

$$= 1,2003 \text{ t/m}^2$$

5. Menghitung besar konsolidasi (S_c)

Besar pemampatan tanah akibat konsolidasi primer dari tanah lempung ini tergantung dari kondisi tanahnya apakah *normally consolidated* (NC) atau *over consolidated* (OC).

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o}$$

Dimana :

σ'_c = tegangan efektif prakonsolidasi

σ'_o = tegangan efektif *overburden*

Perhitungan Settlement :

Data perhitungan pada lapisan pertama dengan kedalaman 1 meter:

$$e_0 = 1,906$$

$$C_c = 1,031$$

$$C_s = 0,129$$

$$P_c' = 2,362 \text{ t/m}^2$$

$$P_o' = 0,362 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p \text{ akibat timbunan} = 5,373 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p \text{ akibat perkerasan dan lalu lintas} = 1,2003 \text{ t/m}^2$$

Maka :

$$OCR = \frac{2,362}{0,362}$$

6,53 = >1 maka termasuk *overconsolidated soil*

- Settlement akibat timbunan

$$P_o' + \Delta p = > P_c' = 5,734 \text{ t/m}^2 \Rightarrow 2,362 \text{ t/m}^2$$

Dikarenakan tanah merupakan tanah tipe *overconsolidated soil* maka digunakan Persamaan 2.18 sebagai rumusan perhitungan.

Maka :

$$S_c = \left[\frac{1.0}{1 + 1,906} \cdot 0,129 \log \frac{2,362}{0,362} \right] + \left[\frac{1.0}{1 + 1,906} \cdot 1,031 \log \frac{5,373}{2,362} \right]$$

$$S_c = 0,275 \text{ m}$$

- Settlement akibat beban lalu lintas dan perkerasan

$$P_o' + \Delta p = < P_c' = 1,562 \text{ t/m}^2 < 2,362 \text{ t/m}^2$$

Dikarenakan tanah merupakan tanah *overconsolidated soil* maka persamaan yang digunakan sebagai perhitungan adalah Persamaan 2.17.

$$S_c = \left[\frac{1.0}{1 + 1,906} \cdot 0,129 \log \frac{1,562}{0,362} \right]$$

$$S_c = 0.028 \text{ m}$$

- Settlement total

$$\begin{aligned} Sc \text{ Total} &= Sc \text{ akibat timbunan} + Sc \text{ akibat perkerasan dan} \\ &\quad \text{lalu lintas} \\ &= 0,275 \text{ m} + 0,028 \text{ m} \\ &= 0,303 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan yang digunakan pada alternatif timbunan yang lain menggunakan perumusan yang sama. Pada contoh perhitungan akibat beban timbunan $H = 6 \text{ m}$ yang memiliki nilai $q = 10,8 \text{ t/m}^2$ didapatkan nilai settlement total sebesar 2,190 m. Hasil seluruh perhitungan settlement pada lapisan tanah lainnya direkapitulasi pada Lampiran.

- Menghitung H-initial dan H-Final

Kondisi timbunan setelah mengalami konsolidasi Sc dimana pada percobaan pertama dengan beban timbunan $q = 10,8 \text{ t/m}^2$ diperoleh Sc total akibat timbunan = 2,190 m. Akibat beban perkerasan dan lalu lintas $q = 1,46 \text{ t/m}^2$ diperoleh Sc total = 0,086 m.

$$\gamma_{\text{timbunan}} = 1,8 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} H_{\text{initial}} &= \frac{q + Sc \cdot (\gamma_{\text{timb}} - \gamma'_{\text{timb}})}{\gamma_{\text{timb}}} \\ &= \frac{10,8 + (2,385 + 0,086) \times (1,8 - 0,8)}{1,8} \\ &= 9,156 \text{ m} \\ H_{\text{final}} &= H_{\text{awal}} - H_{\text{Bongkar}} - Sc \\ &= 9,156 \text{ m} - 0,21 \text{ m} - 2,931 \\ &= 6 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil seluruh perhitungan H-Initial dan H-Final dengan berbagai percobaan beban timbunan dapat dilihat pada rekapitulasi lampiran.

- Kurva Hubungan antara H-Initial, H-Final dan Sc

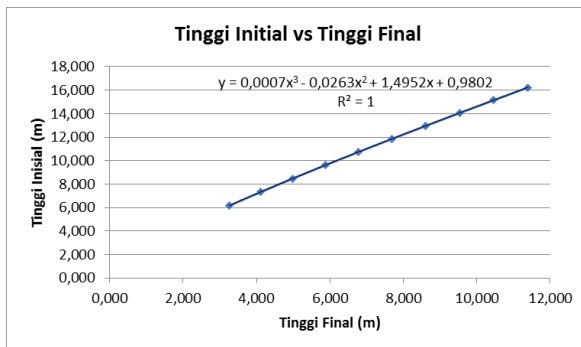
Berdasarkan hasil perhitungan dengan percobaan beban yang berbeda-beda maka diperoleh harga H-Initial, H-Final dan Sc untuk setiap masing-masing percobaan, seperti Tabel 5.2 Dibawah ini :

Tabel 5.2 Harga H-Initial,H-Final dan Sc

H - Initial	H - Final	Sc
16,236	11,397	4,024
15,150	10,464	3,871
14,059	9,535	3,707
12,962	8,611	3,531
11,856	7,694	3,342
10,742	6,783	3,136
9,617	5,882	2,911
8,479	4,991	2,662
7,325	4,113	2,385
6,150	3,251	2,070

Sumber : Analisa Penulis

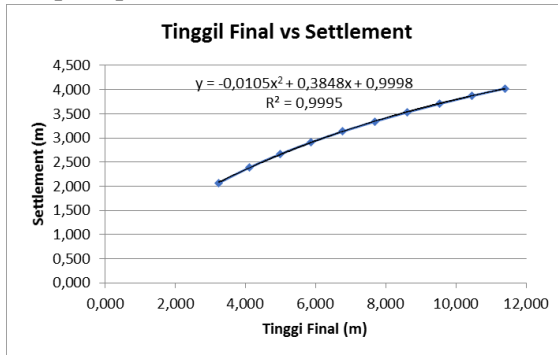
Harga H-Initial dan H-Final pada Tabel 5.2 Kemudian di plot menjadi kurva hubungan antara H-Initial dan H-Final seperti Gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik hubungan H-Initial dan H-Final

Sumber : Analisa Penulis

Harga H-Final dan *Settlement* total pada Tabel 5.2 Kemudian di plot menjadi grafik hubungan antara H-Final dan *Settlement* seperti pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik hubungan H-Final dan *Settlement*
Sumber : Analisa penulis

Harga H-Initial dan Sc dapat diperoleh dari grafik hubungan dengan H-Final pada Gambar 5.3 Dan Gambar 5.4, dimana harga tersebut dapat diperoleh dengan cara grafis atau dengan rumusan yang telah diperoleh pada grafik tersebut.

- Harga H-Initial dan Sc dengan rumus

Dengan H-Final 6,5 m, diperoleh;

$$\begin{aligned}
 H \text{ awal} &= 0.0007x^3 - 0.0263x^2 + 1.4952x + 0.9802 \\
 &= (0.0007 \times 6,5^3) - (0.0263 \times 6,5^2) + (1.4952 \times 6,5) + 0.9802 \\
 &= 9,78 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sc &= -0.0105x^2 + 0.3848x + 0.9998 \\
 &= (-0.0105 \times 6,5^2) + (0.3848 \times 6,5) + 0.9998 \\
 &= 3,057 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi dari hasil perhitungan nilai H-Initial, H-Final dan Settlement dapat dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Rekapitulasi H-initial,H-Final dan Sc

STA	H (m)	H-Initial	H-Final	Sc
30+350	6,5	9,780	6,723	3,057
30+500	7,5	11,010	7,715	3,295
30+700	8,5	12,219	8,707	3,512
30+950	9,5	13,411	9,703	3,708

Sumber : Analisa penulis

- Perencanaan PVD

Perencanaan PVD dilakukan dengan 2 pilihan pola pemasangan dan beberapa opsi variasi jarak pemasangan PVD. Pola pemasangan yang ditinjau adalah pola pemasangan segitiga dan pola pemasangan segiempat. Kedua opsi ditinjau dengan variasi jarak 0,8 m, 1,0m, 1,2m, 1,4m , 1,8m dan 2,0 m. Dilakukan perhitungan dengan variasi jarak untuk mendapatkan penggunaan PVD yang efisien.

1. Perhitungan derajat konsolidasi vertikal (U_v)

Perhitungan U_v dibutuhkan nilai T_v sebagai input perhitungan. Perhitungan nilai T_v berdasarakan Persamaan 2.29 dengan menggunakan parameter tanah pada tabel 5. Pada Tahun pertama didapatkan besar nilai T_v sebesar 0,0036. sehingga dengan persamaan 2. Didapatkan nilai U_v sebesar 6,78.

2. Perhitungan derajat konsolidasi horizontal (U_h)

Perhitungan nilai U_h dilakukan dengan menggunakan persamaan 2. Dalam perhitungan U_h dibutuhkan beberapa parameter seperti $F(n)$, Ch dan D . Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai U_h dengan pola pemasangan segiempat dengan jarak 0,8 m pada alternatif PVD penuh :

C_v gabungan = 0,01779 m²/minggu (Tabel 5.2)

Lebar PVD (a) = 100 mm

Tebal PVD (b) = 4,2 mm

d_w = 0,066 m

1. Perhitungan $F(n)$ (menggunakan persamaan 2.)

$$\begin{aligned}
 D &= 1,13 \times S \\
 &= 1,13 \times 0,8 \text{ m} \\
 &= 0,904 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= D/dw \\
 &= 0,904 \text{ m} / 0,066 \text{ m} \\
 &= 13,628
 \end{aligned}$$

$$F(n) = (n^2/(n^2-1)) \times (\ln(n) - 3/4 - (1/4n^2))$$

$$F(n) = (13,628^2/(13,628^2-1)) \times (\ln(13,628) - 3/4 - 1/4 \cdot 13,628^2)$$

$$F(n) = 1,871$$

2. Perhitungan U_h

$$t = 1 \text{ minggu}$$

$$\begin{aligned}
 Ch &= C_v \times (K_h/K_v) \\
 &= 0,01779 \times 5 \\
 &= 0,0889
 \end{aligned}$$

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{tx8xCh}{D^2x2xF(n)} \right]}} \right] \times 100\% = 0,207 \%$$

3. Perhitungan Konsolidasi Rata-rata (\bar{U})

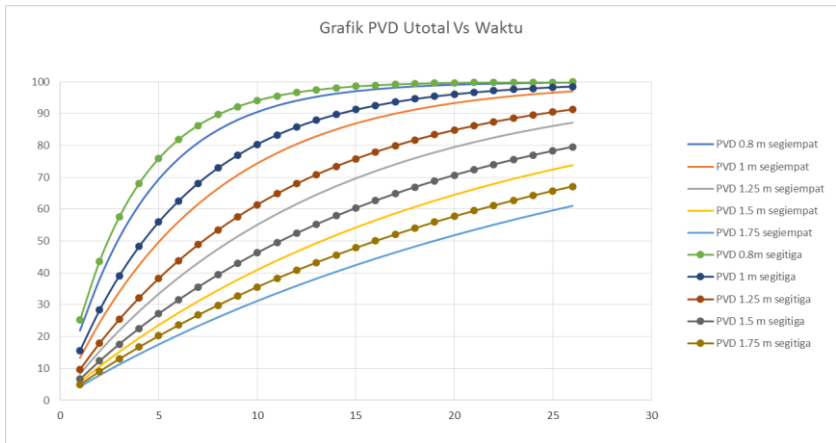
Setelah selesai melakukan perhitungan nilai U_v dan U_h maka selanjutnya dilakukan perhitungan \bar{U} dengan menggunakan persamaan 2. Sebagai berikut:

$$\bar{U} = [1 - (1 - U_h)(1 - U_v)] \times 100\%$$

$$\bar{U} = [1 - (1 - 0,207)(1 - 0,141)] \times 100\%$$

$$\bar{U} = 21,88 \%$$

Nilai \bar{U} tersebut adalah perhitungan dengan pole pemasangan segitiga spasi 0,8 m pada minggu ke-1. Rekapitulasi seluruh perhitungan dengan variasi jarak antar jarak pvd dengan kedalaman yang sama terdapat pada lampiran. Dari perhitungan tersebut dihasilkan grafik hubungan \bar{U} dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi yang direncanakan yaitu sebesar 90%.



Gambar 5.5 Grafik hubungan antara derajat konsolidasi (\bar{U}) dan waktu

Sumber : Analisa Penulis

Dari grafik diatas, dipilih pola pemasangan segiempat dengan spasi 1,00 m dengan derajat konsolidasi sebesar 90,02 % yang dicapai selama 17 minggu. Dipilih pola pemasangan segiempat bertujuan untuk mempermudah proses pelaksanaan di lapangan dikarenakan jarak dan pola yang konsisten antar PVD. Berdasarkan pola pemasangan tersebut, dengan luas area panjang timbunan jalan sepanjang 600 m dan lebar jalan 39,6 m dengan lebar timbunan sisi miring kemiringan talud 1:2 bervariasi didapatkan jumlah kebutuhan PVD sebanyak 35100 buah dengan kedalaman 16 m.

5.1.3 Perencanaan Timbunan Bertahap

Penimbunan bertahap dilakukan karena pelaksanaan penimbunan sekaligus di lapangan tidak memungkinkan untuk dilaksanakan. Pada perencanaan ini tahapan penimbunan dilakukan dengan kecepatan penimbunan 0,5 m/minggu. Dengan H-initial yang berbeda-beda maka tahapan penimbunan untuk setiap tinggi timbunan akan berbeda-beda.

- Tinggi timbunan kritis (H-kritis)

H kritis dicari dengan menggunakan rumusan empiris daya dukung tanah yang dibandingkan dengan nilai Safety Factor (SF) sehingga didapatkan berapa batasan nilai H-kritis timbunan yang dapat diterima oleh tanah dasar di lapangan.

Data :

$$\begin{aligned}
 C &= 0,08 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi &= 13,36 \text{ deg} \\
 \gamma \text{ timb} &= 1.8 \text{ t/m}^3 \\
 SF \text{ renc} &= 1.25 \\
 H\text{-kritis} &= C \times N_c / \gamma_{\text{timbunan}} \times SF \\
 &= 0,8 \text{ t/m}^2 \times 11,82 / 1,8 \text{ t/m}^2 \times 1,25 \\
 &= 4,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah Untuk Derajat Konsolidasi (U) 100%

Perhitungan tegangan di tiap lapisan tanah dimulai dengan menghitung distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan yang disesuaikan dengan jumlah tahapan penimbunan pada tiap beda tinggi timbunan. Setelah menghitung distribusi tegangan pada tiap lapisan, maka dapat dihitung perubahan tegangan yang terjadi pada tiap lapisan tanah dengan persamaan berikut :

$$\sigma_1' = P_o + \Delta P_1$$

$$\sigma_2' = \sigma_1' + \Delta P_2$$

dst, dimana :

P_o : Tegangan *overburden* efektif

ΔP_1 : Distribusi Tegangan akibat Penimbunan Tahap Pertama

ΔP_2 : Distribusi Tegangan akibat Penimbunan Tahap Kedua

Hasil perhitungan perubahan tegangan akibat

penimbunan bertahap untuk derajat konsolidasi 100% pada tiap alternatif PVD di tiap zona dapat dilihat pada Lampiran.

- Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah Untuk Derajat Konsolidasi (U) < 100%

Perhitungan untuk derajat konsolidasi (U) < 100% dilakukan untuk mendapatkan nilai C_u baru. Perhitungan dilakukan dengan

menggunakan persamaan yang ditunjukkan Persamaan 2.42 Nilai U yang digunakan untuk alternatif menggunakan PVD adalah menggunakan nilai U akibat PVD yang direncanakan. Perhitungan dilakukan pada tiap lapisan tanah akibat tiap tahapan penimbunan. Perubahan tegangan yang terjadi di tiap lapisan merupakan total dari penjumlahan seluruh perubahan tegangan akibat tiap timbunan bertahap. Rekapitulasi perhitungan tegangan untuk derajat konsolidasi $< 100\%$ dapat dilihat pada lampiran.

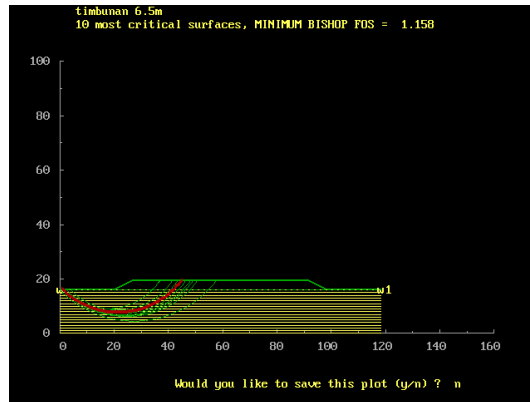
- Perhitungan Nilai Cu Baru

Perhitungan nilai Cu baru menggunakan Persamaan 2.38 Dikarenakan parameter *Plasticity Index* (PI) pada tanah kurang dari 120% yaitu senilai 44,191%. Hasil perhitungan pada tiap kedalaman dan alternatif Timbunan dapat dilihat pada lampiran.

- Penimbunan Bertahap Dengan Cu Baru

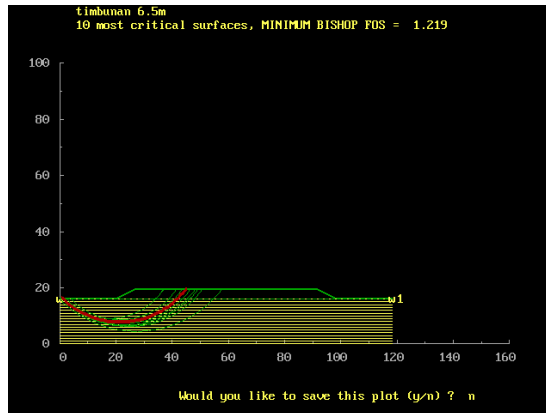
Setelah didapatkan batasan untuk nilai H-kritis selanjutnya dilakukan penimbunan bertahap dengan tebal timbunan 0,5 m per minggu sampai tinggi H-kritis tersebut. Setelah itu dilakukan peninjauan apakah terjadi peningkatan nilai Cu akibat penimbunan sampai H-kritis. Setelah didapatkan nilai Cu baru akibat penimbunan H-kritis, tahapan penimbunan dilanjutkan dengan tebal penimbunan 0,5 m per minggu. kemudian dicek dengan menggunakan program bantu XSTABLE untuk mengetahui apakah SF penimbunan selanjutnya aman atau tidak.

Pada variasi timbunan 6,5 m didapatkan nilai H-kritis setinggi 4,2 m. Maka penimbunan aman dilakukan hingga ketinggian 4,2 m. Setelah itu dilakukan pengecekan kembali apakah terjadi peningkatan untuk nilai Cu atau tidak. Setelah didapatkan nilai Cu baru selanjutnya dilakukan penimbunan bertahap setinggi 0,5 m. setelah dilakukan penimbunan sampai dengan tinggi timbunan 4,7 m, timbunan tersebut kemudian di modelkan pada program bantu XSTABLE dengan nilai Cu baru akibat penimbunan $H = 4,7$ m.



Gambar 5.6 Permodelan penimbunan $H = 4,5$ m dengan Cu baru
Sumber : Analisa Penulis

Pada kasus ini SF yang didapat adalah sebesar 1,158, dikarenakan SF tersebut lebih kecil dari SF rencana maka penimbunan tidak dapat dilanjutkan dan harus dilakukan penundaan selama 1 minggu. Setelah tahapan penundaan dilakukan maka dilakukan pengecekan kembali apakah terdapat peningkatan nilai Cu baru atau tidak, jika terdapat peningkatan nilai Cu maka dilakukan permodelan kembali tahap penimbunan setinggi 4,7 m tersebut dengan menggunakan Cu baru akibat penundaan selama 1 minggu. Apabila SF sudah melebihi SF rencana maka tahapan penimbunan dapat kembali dilanjutkan. Pengecekan ini dilakukan pada tiap tahapan penimbunan.

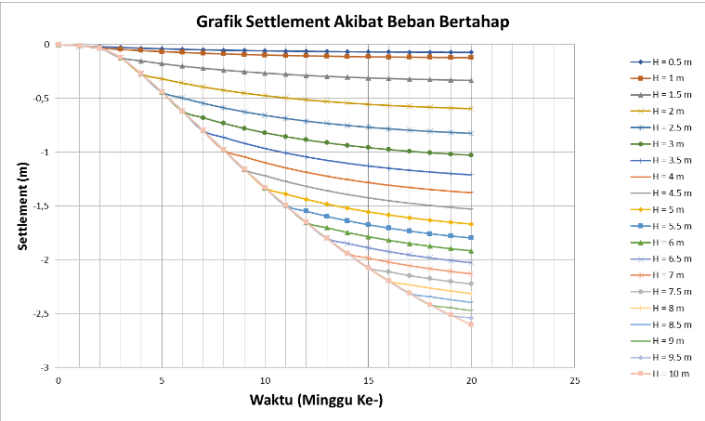


Gambar 5.7 Permodelan Penimbunan H= 5,5 m dengan Cu baru
Sumber : Anlisa Penulis

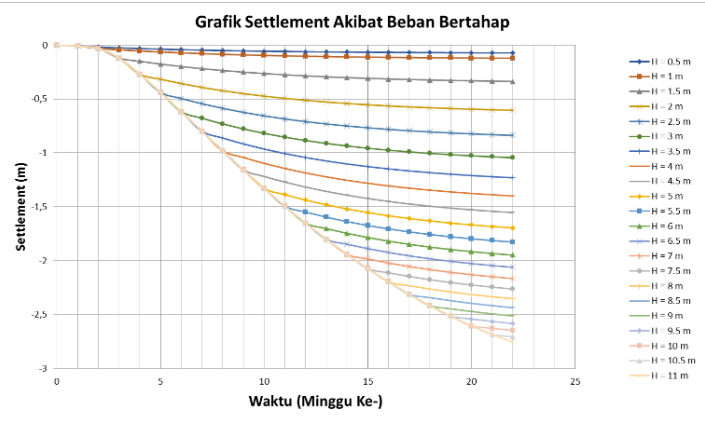
Setelah penimbunan dilakukan hingga ketinggian 5,7 m dan kemudian ditunda selama 12 minggu untuk kemudian , SF timbunan tidak mengalami peningkatan. Karena waktu yang terlampau lama untuk penundaan dan dikarenakan peningkatan nilai Cu tanah yang tidak terlalu besar maka diperlukannya perkuatan untuk timbunan jalan tol tersebut.

- Perhitungan pemampatan akibat timbunan bertahap

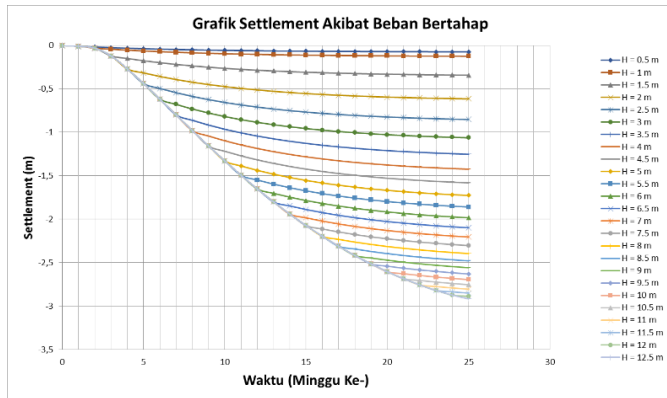
Pemampatan akibat timbunan bertahap dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.43, 2.44 Dan 2.45 dan hasil akhirnya didapatkan grafik hubungan antara waktu pemampatan dan besar pemampatan yang terjadi. Untuk grafik hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 5.8 untuk penimbunan bertahap H=6,5 m, Gambar 5.9 untuk penimbunan bertahap H=7,5 m, Gambar 5.10 untuk penimbunan bertahap H=8,5 m dan Gambar 5.11 untuk penimbunan bertahap H=9,5 m.



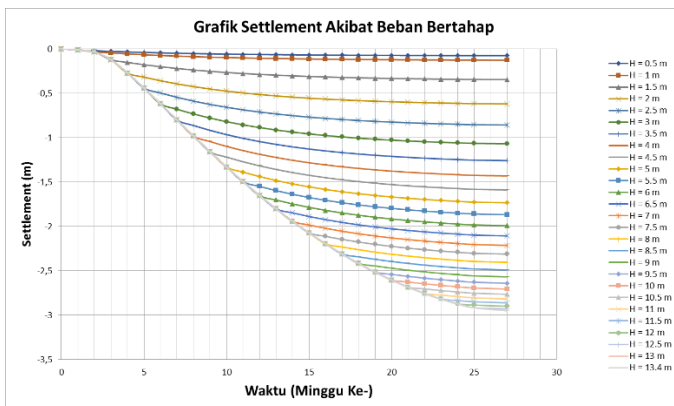
Gambar 5.8 Grafik *Settlement* akibat penimbunan bertahap $H_{initial} = 10 \text{ m}$ $H_{Final} = 6,5 \text{ m}$



Gambar 5.9 Grafik *Settlement* akibat penimbunan bertahap $H_{Initial} = 11 \text{ m}$ $H_{Final} = 7,5 \text{ m}$



Gambar 5.10 Grafik *Settlement* akibat penimbunan bertahap H Initial = 12,5 m H Final = 8,5 m



Gambar 5.11 Grafik *Settlement* akibat penimbunan bertahap H initial = 13,4 m H Final = 9,5 m

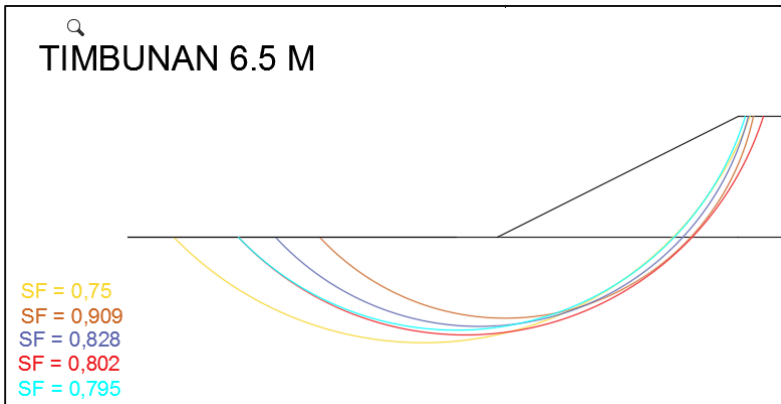
5.1.4 Perkuatan Timbunan

Perkuatan timbunan yang akan digunakan adalah metode perhitungan dengan menggunakan metode perkuatan menggunakan geotextile. Lingkup perencanaan perkuatan timbunan yang direncanakan ada 2 yaitu perencanaan perkuatan untuk timbunan bersisi miring dan perkuatan timbunan / dinding bersisi tegak.

Perkuatan timbunan bersisi tegak tersebut merupakan tanah timbunan yang berada di sisi kanan dan kiri konstruksi *underpass*. Alternatif untuk perencanaan timbunan bersisi tegak yang akan direncanakan ada 2, yaitu perkuatan dengan metode Geotextile-Wall dan perkuatan dengan Reinforced-Wall.

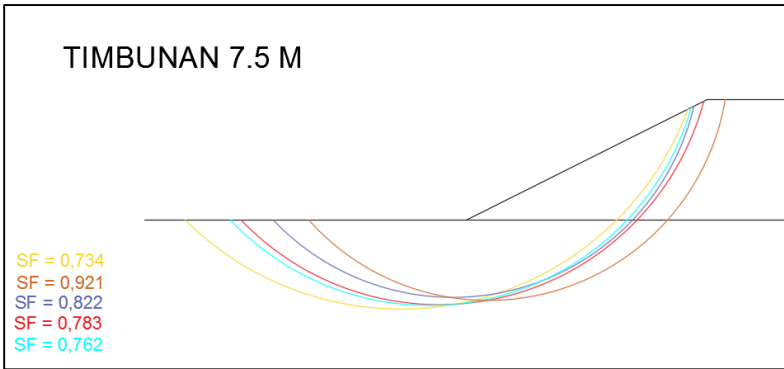
5.1.4.1 Timbunan Miring

Pada perencanaan untuk perkuatan timbunan jalan tol digunakan geotextile huesker-Stabilenka dengan SF rencana 1,25. Dari program bantu XSTABLE didapatkan hasil bidang longsor dan nilai SF yang bervariasi pada masing-masing tinjauan STA timbunan. Gambar bidang longsor dengan nilai Sfnya dapat dilihat pada Gambar 5.12, Gambar 5.13, Gambar 5.14 dan Gambar 5.15.

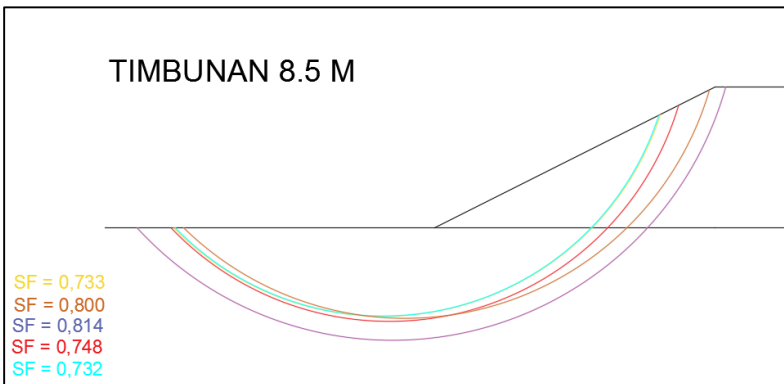


Gambar 5.12 Bidang longsor timbunan STA 30+350 H=6,5 m

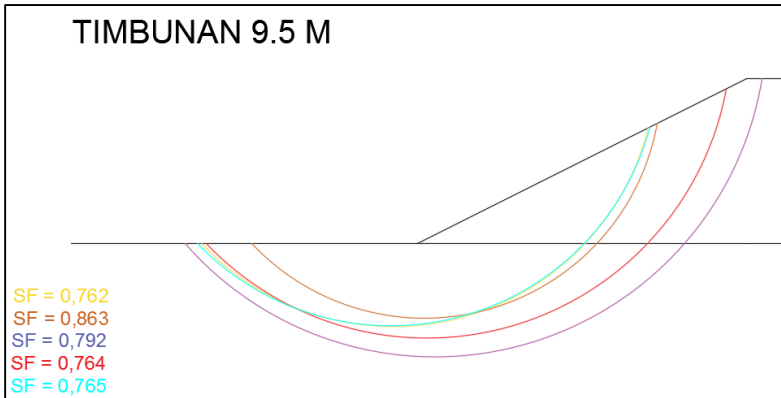
Sumber : Penulis



Gambar 5.13 Bidang longsor timbunan STA 30+500 H=7,5 m
Sumber : Penulis



Gambar 5.14 Bidang longsor timbunan STA 30+700 H=8,5 m
Sumber : Penulis



Gambar 5.15 Bidang longsor timbunan STA 30+950 H=9,5 m
Sumber : Penulis

Pada perhitungan ini digunakan data tanah timbunan STA 30+350 dengan H = 6,5 m dengan nilai SF = 0,802 dan $M_{r \min} = 7843$ kNm.

- Mencari nilai momen dorong

$$SF = \frac{M_{R \min}}{M_{Dorong}}$$

$$M_{dorong} = \frac{M_{R \min}}{SF} = \frac{7843}{0,802} = 9779,3 \text{ kNm}$$

- Mencari nilai momen rencana

$$SF \text{ Rencana} = 1,25$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ rencana} &= M_{dorong} \times SF \text{ Rencana} \\
 &= 9779,3 \text{ kNm} \times 1,25 \\
 &= 12224,13 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- Mencari nilai tambahan momen penahan (ΔMR)

$$\begin{aligned}
 \Delta MR &= M \text{ rencana} - M_{r \min} \\
 &= 12224,13 \text{ kNm} - 7843 \text{ kNm} \\
 &= 4381,13 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

- Mencari kekuatan tarik ijin Geotextile

Kekuatan tarik max Geotextile = 200 kN/m
 Angka keamanan untuk instalasi (Fsid) = 1,5
 Angka keamanan untuk faktor rangkai (Fscr) = 3
 Angka keamanan untuk faktor kimia (Fscd) = 1,25
 Angka keamanan untuk biologi (Fsbd) = 1,15

$$T_{allow} = \frac{T}{F_{sid} \times F_{scr} \times F_{scd} \times F_{sbd}}$$

$$T_{allow} = \frac{200}{1,5 \times 3 \times 1,25 \times 1,15} = 30,918$$

- Menghitung kebutuhan Geotextile

Pada perencanaan ini penimbunan dilakukan tiap 25 cm sehingga Geotextile dipasang tiap 25 cm sesuai dengan tahapan penimbunan. Kebutuhan geotextile itu sendiri ditentukan dari \sum Momen akibat pemasangan Geotextile harus lebih besar dari ΔMR .

$$\sum \text{Momen} > \Delta MR$$

$$\sum M = M_{\text{geotextile 1}} + M_{\text{geotextile 2}} + \dots + M_{\text{geotextile n}}$$

$$\sum \text{Momen 15 lapis} = 4595,94 \text{ kNm}$$

$$\Delta MR = 4381,13 \text{ kNm}$$

$$\sum \text{Momen 15 lapis} > \Delta MR \text{ (OK)}$$

Tabel 5.4 Kebutuhan lapis geotextile pada timbunan miring 1:2

H = 6,5 m SF = 0,802

Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (kNm ²)	Lengan momen (Ti)	M resisting	ΔMR (kN-m)	Mres kumulatif	Ket
1 (bawah)	30,918	11,66	360,502	4381,13	360,502	Belum
2	30,918	11,41	352,773		713,275	Belum
3	30,918	11,16	345,043		1058,319	Belum
4	30,918	10,91	337,314		1395,633	Belum
5	30,918	10,66	329,585		1725,217	Belum
6	30,918	10,41	321,855		2047,072	Belum
7	30,918	10,16	314,126		2361,198	Belum
8	30,918	9,91	306,396		2667,594	Belum
9	30,918	9,66	298,667		2966,261	Belum
10	30,918	9,41	290,937		3257,198	Belum
11	30,918	9,16	283,208		3540,406	Belum
12	30,918	8,91	275,478		3815,884	Belum
13	30,918	8,66	267,749		4083,633	Belum
14	30,918	8,41	260,019		4343,652	Belum
15	30,918	8,16	252,290		4595,942	Memenuhi

(sumber : analisa penulis)

Untuk nilai SF dengan variasi timbunan lainnya dihitung dengan cara yang sama. Hasil rekapitulasi perhitungan jumlah lapis kebutuhan geotextile dapat dilihat pada Tabel 5.5, Tabel 5.6, Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.5 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA
30+350 H=6,5 m

STA 30+350 H = 6,5 m	SF	Jumlah lapis geotextile
1	0,75	14
2	0,909	12
3	0,828	10
4	0,802	15
5	0,794	13

Tabel 5.6 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA
30+500 H=7,5 m

STA 30+350 H = 6,5 m	SF	Jumlah lapis geotextile
1	0,734	14
2	0,921	13
3	0,822	14
4	0,783	16
5	0,762	15

Tabel 5.7 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA
30+700 H=8,5 m

STA 30+350 H = 6,5 m	SF	Jumlah lapis geotextile
1	0,733	15
2	0,883	11
3	0,814	17
4	0,748	18
5	0,732	15

Tabel 5.8 Rekapitulasi jumlah lapis kebutuhan geotextile STA
30+950 H=9,5 m

STA 30+350 H = 6,5 m	SF	Jumlah lapis geotextile
1	0,762	14
2	0,863	11
3	0,792	17
4	0,764	20
5	0,765	15

Jumlah lapis Geotextile terbanyak pada masing-masing nilai SF pada tip variasi tinggi timbunan ditandai dengan warna kuning pada tiap tabel diatas. Jadi jumlah kebutuhan lapis geotextile terbanyak yang dibutuhkan untuk timbunan dengan H=6,5 m adalah 15 lapis Geotextile dengan 1 lapis Geotextile pada masing-masing lapisnya. Untuk timbunan dengan H=7,5 m dibutuhkan 16 lapis dengan 1 lapis geotextile pada masing-masing lapisnya. Timbunan dengan H=8,5 m dibutuhkan 18 lapis geotextile dengan 1 lapis geotextile pada masing-masing lapisnya dan untuk timbunan dengan H=9,5 m dibutuhkan 20 lapis geotextile dengan 1 lapis geotextile pada masing-masing lapisnya. Berikut adalah contoh perhitungan panjang geotextile untuk timbunan dengan H = 6,5 m pada lapis pertama.

- Menghitung Panjang Geotextile di belakang bidang longsor (L_e)

$$L_e = \frac{T_{allow} \times FS}{(2 \times \tau) \times E}$$

Dimana :

L_e = Panjang *geotextile* di belakang bidang longsor

τ = Tegangan geser antar tanah timbunan dengan *geotextile*

$$\tau = C_u + \sigma_v \tan \phi_1$$

E = efisiensi \rightarrow diambil E = 0.8

FS_{rencana} = 1.2

Cu timb = 0

Cu tanah dasar = 22,12 kN/m²

$$\begin{aligned}
\Phi \text{ timb} &= 30 \\
\Phi \text{ tanah dasar} &= 13,36 \\
\gamma \text{ timbunan} &= 18 \text{ kN/m}^3 \\
\sigma_v &= H \text{ timb} \times \gamma \text{ timbunan} \\
&= 9,8 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 \\
&= 176,04 \text{ kN/m}^2 \\
\tau \text{ timbunan} &= 101,637 \text{ kN/m}^2 \\
\tau \text{ tanah dasar} &= 63,916 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Panjang Geotextile dibelakang bidang longsor :

$$\begin{aligned}
Le &= \frac{T \text{ allow} \times FS}{(2 \times \tau) \times E} \\
Le &= \frac{30,918 \times 1,25}{(101,637 + 63,916) \times 0,8} \\
Le &= 0,292 \text{ m}
\end{aligned}$$

Le minimum yang dapat digunakan adalah sepanjang 1 m. Karena pada hasil perhitungan didapatkan panjang Le sepanjang 0,291 m < 1 m. Maka Le yang digunakan di lapangan adalah sepanjang 1 m. Untuk perhitungan lapis lainnya dengan Variasi tinggi timbunan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3-AN, Lampiran 3-AP, Lampiran 3-AR dan Lampiran 3-AT.

- Panjang geotextile di depan bidang longsor (Ld)

Panjang geotextile ditentukan dengan memplot hasil output koordinat pada program XSTABLE ke program autocad. Data yang di plot sebagai acuan untuk menggambar adalah data dengan koordinat radius bidang longsor paling besar dan yang memiliki lapis geotextile paling banyak. Dari hasil plot pada autocad didapatkan panjang Ld untuk lapis pertama adalah sepanjang 10,03 m. Panjang geotextile sebelum bidang longsor pada lapis lainnya dapat dilihat pada lampiran.

- Menghitung panjang lipatan geotextile (L0)

Perhitungan panjang lipatan geotextile diambil sebesar 0,5.Le atau setebagah dari panjang minimal geotextile di belakang bidang longsor yaitu 0,5 m.

- Menghitung panjang total Geotextile

Panjang total geotextile 1 sisi = $(Le+Ld+L0)$

Panjang total geotextile 2 sisi = $L \text{ total} \times 2$

Panjang total geotextile = $Le + Ld + L0$

$$= 1 \text{ m} + 10,03 \text{ m} + 0,5 \text{ m}$$

$$= 11,5 \text{ m (1 sisi)}$$

Hasil perhitungan panjang total geotextile pada lapis yang lain dapat dilihat pada lampiran. Hasil perhitungan panjang kebutuhan geotextile untuk masing-masing Stasioning dapat dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10, Tabel 5.11 dan Tabel 5.12.

Tabel 5.9 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA

30+350 H = 6,5 m

STA 30+350 H = 6,5 m	Lapis	Le (m)	Le Pakai (m)	Ld (m)	Lo (m)	L total (m)	L total 2 sisi (m)
(bawah)	1	0,292	1	10,03	0,500	11,5	23
	2	0,298	1	9,7	0,500	11,2	22
	3	0,305	1	9,5	0,500	11,0	22
	4	0,313	1	9,2	0,500	10,7	21
	5	0,320	1	8,9	0,500	10,4	21
	6	0,328	1	8,6	0,500	10,1	20
	7	0,337	1	8,3	0,500	9,8	20
	8	0,345	1	7,9	0,500	9,4	19
	9	0,355	1	7,67	0,500	9,2	18
	10	0,364	1	7,34	0,500	8,8	18
	11	0,375	1	7	0,500	8,5	17
	12	0,386	1	6,6	0,500	8,1	16
	13	0,397	1	6,3	0,500	7,8	16
	14	0,410	1	5,96	0,500	7,5	15
	15	0,423	1	5,6	0,500	7,1	14

Sumber : Analisa Penulis

Tabel 5.10 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA
30+500 H = 7,5 m

STA 30+350 H = 6,5 m	Lapis	Le (m)	Le Pakai (m)	Ld (m)	Lo (m)	L total (m)	L total 2 sisi (m)
(bawah)	1	0,260	1	10,2	0,500	11,7	23
	2	0,265	1	9,93	0,500	11,4	23
	3	0,271	1	9,65	0,500	11,2	22
	4	0,277	1	9,37	0,500	10,9	22
	5	0,283	1	9,08	0,500	10,6	21
	6	0,289	1	8,78	0,500	10,3	21
	7	0,295	1	8,47	0,500	10,0	20
	8	0,302	1	8,16	0,500	9,7	19
	9	0,309	1	7,84	0,500	9,3	19
	10	0,317	1	7,5	0,500	9,0	18
	11	0,324	1	7,17	0,500	8,7	17
	12	0,332	1	6,83	0,500	8,3	17
	13	0,341	1	6,48	0,500	8,0	16
	14	0,350	1	6,1	0,500	7,6	15
	15	0,360	1	5,77	0,500	7,3	15
	16	0,370	1	5,4	0,500	6,9	14

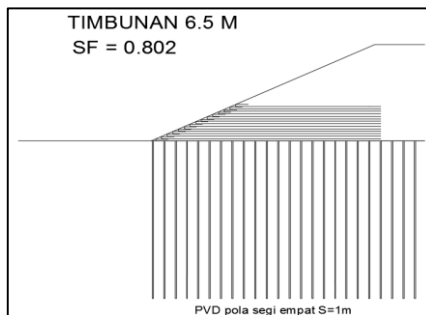
Tabel 5.11 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA
30+700 H = 8,5 m

STA 30+350 H = 6,5 m	Lapis	Le (m)	Le Pakai (m)	Ld (m)	Lo (m)	L total (m)	L total 2 sisi (m)
(bawah)	1	0,234	1	10,04	0,500	11,5	23
	2	0,238	1	9,77	0,500	11,3	23
	3	0,243	1	9,5	0,500	11,0	22
	4	0,247	1	9,22	0,500	10,7	21
	5	0,252	1	8,9	0,500	10,4	21
	6	0,257	1	8,63	0,500	10,1	20
	7	0,262	1	8,32	0,500	9,8	20
	8	0,267	1	8	0,500	9,5	19
	9	0,273	1	7,69	0,500	9,2	18
	10	0,279	1	7,37	0,500	8,9	18
	11	0,285	1	7	0,500	8,5	17
	12	0,291	1	6,7	0,500	8,2	16
	13	0,297	1	6,36	0,500	7,9	16
	14	0,304	1	6,02	0,500	7,5	15
	15	0,311	1	5,66	0,500	7,2	14
	16	0,319	1	5,3	0,500	6,8	14
	17	0,327	1	4,94	0,500	6,4	13
	18	0,335	1	4,57	0,500	6,1	12

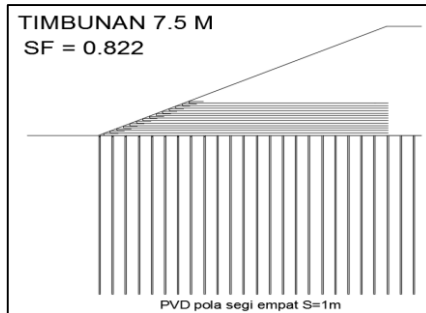
Tabel 5.12 Rekapitulasi panjang kebutuhan geotextile STA
30+950 H = 9,5 m

STA 30+350	Lapis	Le (m)	Le Pakai (m)	Ld (m)	Lo (m)	L total (m)	L total 2 sisi (m)
H = 6,5 m							
(bawah)	1	0,214	1	10,58	0,500	12,1	24
	2	0,217	1	10,3	0,500	11,8	24
	3	0,221	1	10,02	0,500	11,5	23
	4	0,225	1	9,7	0,500	11,2	22
	5	0,229	1	9,43	0,500	10,9	22
	6	0,233	1	9,12	0,500	10,6	21
	7	0,237	1	8,8	0,500	10,3	21
	8	0,241	1	8,5	0,500	10,0	20
	9	0,246	1	8,15	0,500	9,7	19
	10	0,250	1	7,8	0,500	9,3	19
	11	0,255	1	7,5	0,500	9,0	18
	12	0,260	1	7,13	0,500	8,6	17
	13	0,265	1	6,8	0,500	8,3	17
	14	0,271	1	6,42	0,500	7,9	16
	15	0,277	1	6,1	0,500	7,6	15
	16	0,282	1	5,7	0,500	7,2	14
	17	0,289	1	5,32	0,500	6,8	14
	18	0,295	1	4,94	0,500	6,4	13
	19	0,302	1	4,56	0,500	6,1	12
	20	0,309	1	4,2	0,500	5,7	11

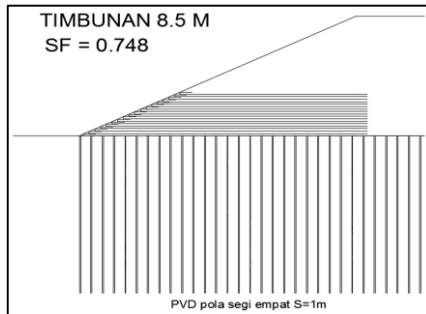
Hasil perhitungan diatas pada hasil akhirnya akan dibuat gambar rencana sebagai acuan pelaksanaan di lapangan. Gambar rencana dapat dilihat pada Gambar 5.16, Gambar 5.17, Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.



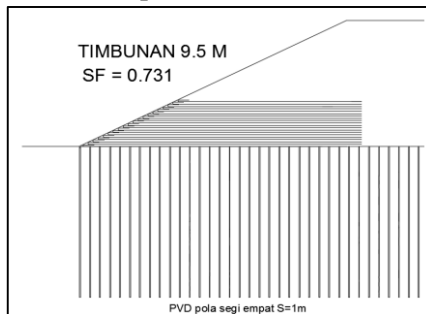
Gambar 5.16 Hasil perencanaan Geotextile H=6,5 m



Gambar 5.17 Hasil perencanaan Geotextile H = 7,5 m



Gambar 5.18 Hasil perencanaan Geotextile H = 8,5 m



Gambar 5.19 Hasil perencanaan Geotextile H = 9,5 m

5.1.4.2 Timbunan Tegak Geotextile-Wall

Untuk perencanaan *geotextile-wall* sebagai dinding penahan tanah yang dimaksudkan agar tanah tidak menekan struktur *Box Tunnel* digunakan Geotextile jenis Huesker-Stabilenka dengan SF

rencana 1,25. Pada perencanaan dinding penahan tanah jumlah lapis geotextile akan ditentukan sesuai dengan perencanaan jarak (Sv) lapis antar geotextile. Tinggi timbunan yang direncanakan yaitu H = 7,4 m dengan beban q sebesar 14,6 kN/m².

- Mencari T allowable Geotextile

Untuk nilai Fsid, FScr, FScd dan FSbd yang digunakan dapat dilihat pada sub bab 5.5.1, dan dalam perhitungan T allowable digunakan perumusan sebagai berikut :

$$T \text{ allow} = T \text{ ult} \frac{1}{F_{Sid} \times F_{Scr} \times F_{Scd} \times F_{Sbd}}$$

$$T \text{ allow} = 100 \frac{1}{1,5 \times 3 \times 1,25 \times 1,15} = 15,459 \text{ kN/m}$$

- Menghitung besar gaya horizontal

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45 - \theta/2) \\ &= \tan^2 (45 - 30/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_h &= \sigma_{hz} + \sigma_{hq} \\ &= K_a \times \gamma_{\text{timb}} \times z + K_a \times q \\ &= 0,333 \times 18 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} + 0,333 \times 14,6 \text{ kN/m}^2 \\ &= 10,87 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Dimana :

σ_{hz} = tegangan tanah horizontal akibat tanah

σ_{hq} = tegangan tanah akibat beban surcharge

- Menentukan lapis Geotextile

$$\begin{aligned} S_v &= \frac{T \text{ allow}}{\sigma_h \times F_s} \\ S_v &= \frac{15,459}{10,87 \times 1,25} \\ S_v &= 1,14 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan Sv tiap lapis dilakukan dengan cara yang sama dan seluruh hasil perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 3-AU dan Lampiran 3-AV.

- Menghitung panjang Geotextile per lapis

a. Menghitung panjang Geotextile dibelakang bidang longsor (L_e)

$$L_e = \frac{Sv \times \sigma h \times FS}{2 (c + \gamma \times z \times \tan \delta)}$$

$$L_e = \frac{1,14 \times 10,87 \times 1,25}{2 (0 + 18 \times 1 \times \tan 20)}$$

$$L_e = 1,037 \text{ m}$$

Karena panjang L_e sudah melebihi 1 m maka pada aplikasinya digunakan panjang $L_e = 1 \text{ m}$.

b. Menghitung panjang Geotextile di depan bidang longsor (L_r)

$$L_r = (H - z) \times \tan \left(45 - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$L_r = (11,1 - 1) \times \tan \left(45 - \frac{30}{2} \right)$$

$$L_r = 5,85 \text{ m}$$

L_r merupakan panjang Geotextile di dalam bidang longsor sehingga perlu dibandingkan dengan koordinat bidang longsor dari hasil output XSTABLE. Apabila panjang L_r pada perhitungan belum mencapai / memotong bidang longsor maka perlu diperpanjang hingga memotong bidang longsor.

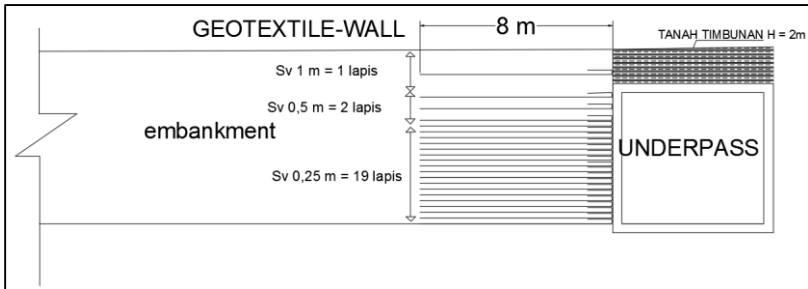
c. Menentukan panjang lipatan Geotextile (L_o)

$$L_o = \frac{Sv \times \sigma h \times FS}{4 (c + \gamma \times z \times \tan \delta)}$$

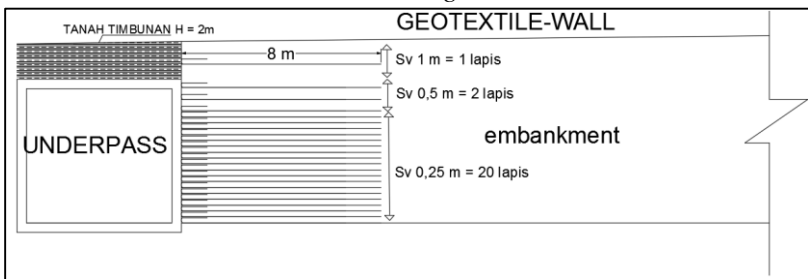
$$L_o = \frac{1,14 \times 10,87 \times 1,25}{4 (0 + 18 \times 1 \times \tan 20)}$$

$$L_o = 0,518 \text{ m}$$

Pada perencanaannya ditentukan $L_o \text{ min} = 1 \text{ m}$ maka L_o yang digunakan adalah sepanjang 1 m. Untuk perhitungan panjang Geotextile untuk tiap lapis lainnya dapat dilihat pada lampiran 3-AU dan 3-AV. Gambar perencanaan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 5.20 dan 5.21.



Gambar 5.20 Gambar rencana *geotextile-wall* sisi kiri



Gambar 5.21 Gambar rencana *geotextile-wall* sisi kanan

Setelah didapatkan desain untuk lapis dan panjang *Geotextile* maka selanjutnya perlu di cek *overall stability*. Hal yang perlu ditinjau adalah perihal daya tahan terhadap geser, daya tahan terhadap guling dan keruntuhan pondasinya.

- Kontrol guling

$$FS = \frac{\sum \text{Momen Penahan}}{\sum \text{Momen Pendorong}}$$

$$FS = \frac{W_1 x_1 + P_a \sin \delta \cdot x}{P_a \cos \delta \cdot x \cdot 1/3}$$

$$FS = \frac{1482,77 \times 3,7 + 54x \sin \delta \cdot 2,43 + 396,64x \sin \delta \cdot 28,68}{\frac{54x \cos \delta \cdot 2,43 \times 1}{3} + \frac{396,64x \cos \delta \cdot 28,86 \times 1}{3}}$$

$$FS = 5,67$$

$$FS > SF \text{ Rencana}$$

$$5,67 > 3 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Geser

$$FS = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Pendorong}}$$

$$FS = \frac{\left[C_s + \left(\frac{W + P_a \sin \delta}{L} \right) \tan \delta \right] \cdot L}{P_a \cos \delta}$$

$$FS = \frac{\left[0,129 + \left(\frac{1482,77 + 3936,86}{8} \right) \tan 20^\circ \right] \cdot 8}{1660,793}$$

$$FS = 7,3$$

$$FS > FS \text{ Rencana}$$

$$7,3 > 3 \text{ (OK)}$$

- Bearing Capacity

$$\begin{aligned} P_{ult} &= C \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= 22,3 \times 11,8 + 0 \times 3,8 + 0,5 \times 18 \times 8 \times 2,07 \\ &= 401,74 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{act} &= (\gamma_{timb} \times H_{timb}) + C \\ &= 222,68 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$FS = \frac{P_{ult}}{P_{act}}$$

$$FS = \frac{401,74}{222,68}$$

$$FS = 1,804$$

$$FS > FS \text{ rencana}$$

$$1,804 < 3 \text{ (NOT OK)}$$

Bearing capacity tidak aman sehingga diperlukannya perkuatan untuk konstruksi *Geotextile* tersebut. Perkuatan yang akan digunakan adalah *micropiles*. *Micropiles* yang digunakan bertujuan untuk meningkatkan gaya tahan geser tanah sehingga dapat meningkatkan daya dukung tanah.

- Perencanaan Micropiles

Dalam perencanaan *micropiles* perlu untuk dicari tahu berapa kedalaman bidang longsornya. Apabila kedalaman lebih dari 3 m maka cerucuk kayu tidak dapat digunakan. Sehingga perlu mengganti cerucuk kayu dengan *minipiles* yang terbuat dari beton.

Minipiles memiliki spesifikasi diameter 10 cm, 15 cm atau 20 cm dan panjang berkisar 6 m-15 m (bergantung terhadap type dan pesanan). *Minipiles* dipasaran tersedia dalam bentuk tiang pancang pratekan (*prestressed piles*).

Micropiles yang digunakan adalah *micropiles* jenis *minipiles* yang terbuat dari beton. *Minipiles* tersebut memiliki spesifikasi teknis sebagai berikut :

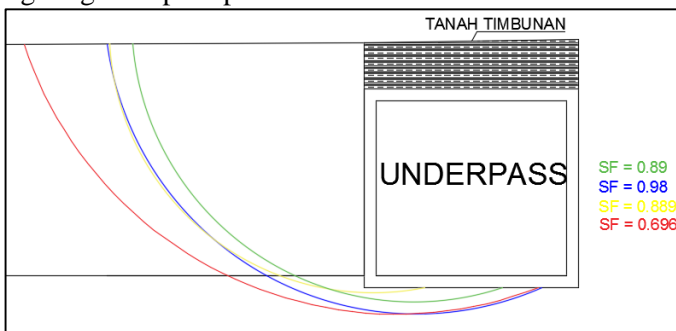
Minipiles K-350

Dimensi:

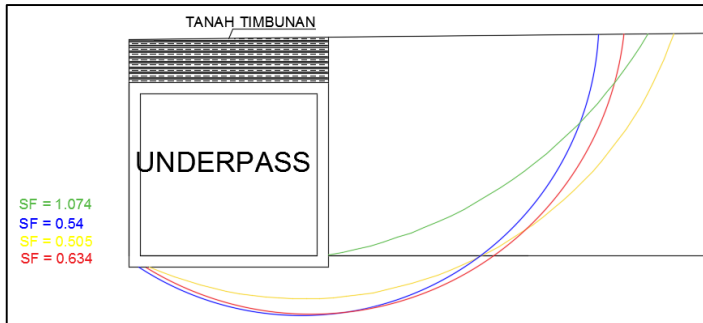
- $B_t = 20 \text{ cm}$
- $H_t = 20 \text{ cm}$
- $F_y' = 400 \text{ Mpa}$
- $F_c' = 30 \text{ Mpa}$
- $D = 16 \text{ mm}$
- $\Phi = 8 \text{ mm}$
- $D' = 40 \text{ mm}$
- Jumlah tulangan tarik = 2 buah
- Jumlah tulangan tekan = 2 buah (dipasang praktis)
- Jarak pemasangan tulangan sengkang = 200 mm (dipasang praktis)

Perhitungan momen *micropiles*

Setelah dicoba menggunakan XSTABLE didapatkan nilai SF dan bidang longsor seperti pada Gambar 5.22 Dan Gambar 5.23



Gambar 5.22 Nilai SF tiap kemungkinan bidang longsor sisi kiri



Gambar 5.23 Nilai SF tiap kemungkinan bidang longsor sisi kanan

Dari masing –masing nilai SF tersebut dapat diketahui pula berapa momen resist dari masing-masing nilai SF dan dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

Tabel 5.13 Rekapitulasi nilai M res dan jari-jari lengan tiap SF sisi kiri

No.	SF	M res	R (jari-jari)
1	0,89	20880	77,25
2	0,98	11540	27,73
3	0,889	20800	77,45
4	0,696	7557	28,83

Tabel 5.14 Rekapitulasi nilai M res dan jari-jari lengan tiap SF sisi kanan

No.	SF	M res	R (jari-jari)
1	1,074	4485	10,53
2	0,505	1525	10,42
3	0,54	1836	11,03
4	0,634	2891	12,93

Pada perencanaan *micropile* ini digunakan contoh perhitungan dengan SF = 0,696 dengan nilai Mres = 7557 kNm dan R = 28,83 Gaya tekan = gaya Tarik

$$\text{Sehingga } a = \frac{As \text{ tarik } f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$a = \frac{402,124 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm}}$$

$$a = 32,571 \text{ mm}$$

- Gaya tekan

$$C = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm} \times 32,571 \text{ mm}$$

$$= 160849,544 \text{ N}$$

- Momen nominal

$$M_n = C (d-a/2) + A_s' \times f_y (d-d')$$

$$= 160849,544 \text{ N} \times (144 \text{ mm} - 32,571 \text{ mm}/2) + 402,124 \text{ mm}^2$$

$$\times 400 \text{ Mpa} \times (144 \text{ mm} - 40 \text{ mm})$$

$$= 37271209,733 \text{ N-mm}$$

$$= 3,727 \text{ t-m}$$

- Momen Ultimate (Mu)

$$M_u = 0,8 \times M_n$$

$$= 0,8 \times 3,727 \text{ t-m}$$

$$= 2,982 \text{ t-m}$$

$$= 298,2 \text{ t-cm}$$

Gaya penahan (*resisting*)

- Faktor modulus tanah

$$C_u = 22,31 \text{ Kn/m}^2$$

$$= 0,223 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = 2 \times C_u$$

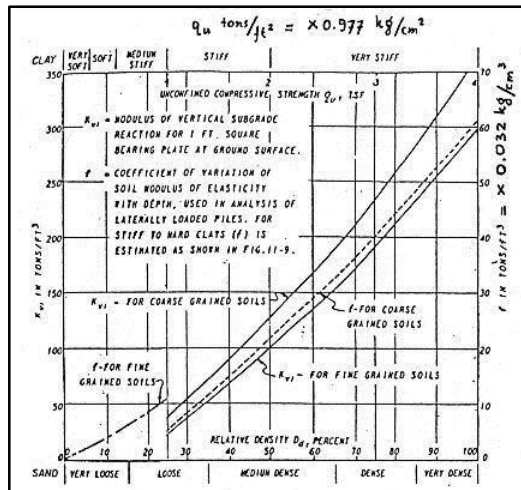
$$= 2 \times 0,223$$

$$= 0,435 \text{ kg/m}^2$$

$$f = 3 \text{ t/ft}^3$$

$$= 3 \times 0,032$$

$$= 0,096 \text{ kg/cm}^3$$



Gambar 5.24 Grafik NAVFAC, DM-7, 1971
Sumber : NAVFAC,1971

- Momen inersia

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 200 \text{ mm} \times 200^3 \text{ mm} \\
 &= 133333333,333 \text{ mm}^4 \\
 &= 13333,333 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Momen tahanan (W)

$$\begin{aligned}
 W &= I/C \\
 &= I/0,5h \\
 &= 13333,333 \text{ cm}^4 / 0,5 \times 20 \text{ cm} \\
 &= 1333,333 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

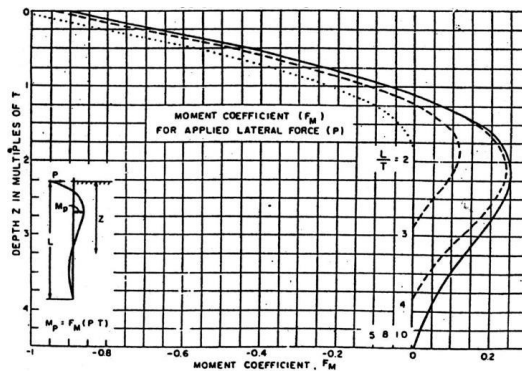
- Modulus elastisitas

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \sqrt{fc} \\
 &= 234529,529 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Faktor kekakuan relatif (T)

$$\begin{aligned}
 T &= (E.I/f)^{1/5} \\
 &= (234529,529 \text{ kg/cm}^2 \times 13333,333 \text{ cm}^4 / 0,096 \text{ kg/cm}^3)^{1/5} \\
 &= 126,641 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Koefisien momen akibat gaya lateral



Gambar 5.25 Grafik NAVFAC, DM-7, 1971

Sumber : NAVFAC,1971

$$Lb/t = 473 \text{ cm}/126,641 \text{ cm}$$

$$= 3,735$$

$$Z = 0$$

$$F_m = 1$$

Gaya horizontal yang mampu dipikul 1 *micropile*

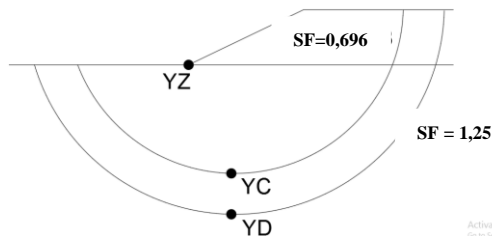
$$P = M_u / (F_m \cdot T)$$

$$= 298,2 \text{ t-cm} / (1 \times 126,641 \text{ cm})$$

$$= 2,36 \text{ ton}$$

$$= 23,6 \text{ kN}$$

Panjang *micropile* (L)



Gambar 5.23 ilustrasi Titik Koordinat Bidang Longsor

Sumber : Penulis

La (kedalaman diatas bidang longsor = Koordinat YZ –koordinat Yc = 3,86 m

Lb (kedalaman dibawah bidang longsor) = 4,73 m (ditentukan sendiri)

$$\begin{aligned} L \text{ total} &= L_a + L_b \\ &= 3,86 \text{ m} + 4,73 \text{ m} \\ &= 8,59 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah kebutuhan *micropiles*

H initial = 11,1 m

SF min = 0,696

MRmin = 7557,0 kNm

R (jari-jari) = 28,83 m

SF rencana = 1,25

$$\begin{aligned} M \text{ dorong} &= MR_{\min} / SF_{\min} \\ &= 7557,0 \text{ kNm} / 0,696 \\ &= 10857,758 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta MR &= (M \text{ dorong} - MR_{\min}) \times SF \text{ rencana} \\ &= (10857,758 \text{ kNm} - 7557,0 \text{ kNm}) \times 1,25 \\ &= 6015,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_k &= 2,643 [(0,89 + 0,12 L/D) / 2,69] \times [(0,855 \cdot Cu^{-0,392}) / 2,865] \\ &= 0,599 \end{aligned}$$

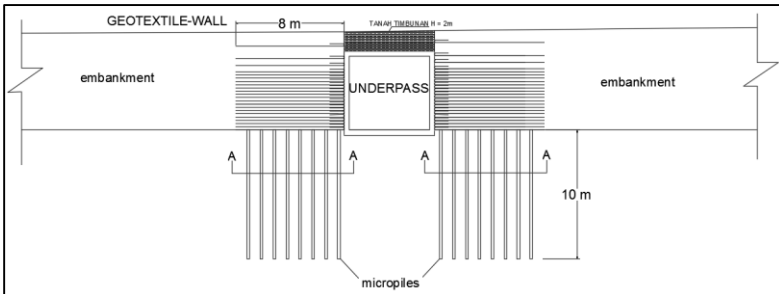
$$\begin{aligned} P_{\max} &= P \times F_k \\ &= 23,6 \text{ kN} \times 0,599 \\ &= 14,135 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \Delta MR / (P \times R \text{ (jari-jari)}) \\ &= 6015,2 \text{ kNm} / (14,135 \text{ kN} \times 28,83 \text{ m}) \\ &= 14,76 \text{ buah} = 15 \text{ *minipiles*} \end{aligned}$$

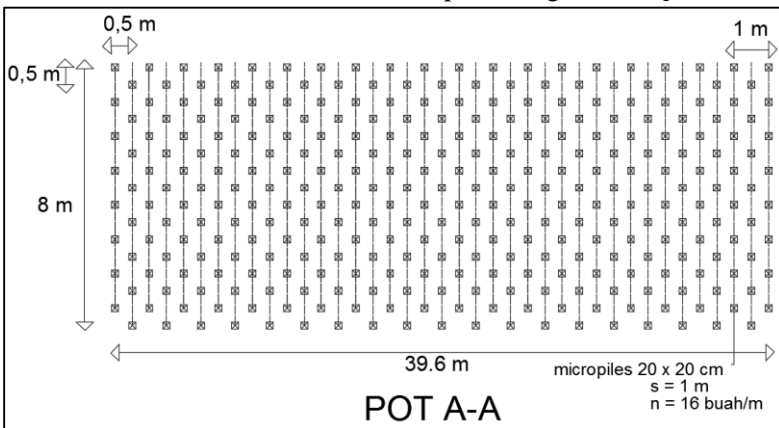
Jarak antar *micropiles*

$$\begin{aligned} S &= \text{panjang bidang longsor} / n \\ &= 16 \text{ m} / 15 \text{ buah} \\ &= 1,05 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan pada Lampiran 3-AW, maka dapat dibuat gambar rencana seperti pada Gambar 5.26 dan Gambar 5.27.



Gambar 5.26 Gambar Rencana pemasangan *micropiles*



Gambar 5.27 Gambar rencana pemasangan *micropiles* tampak atas

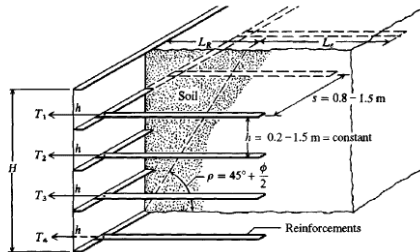
Dari gambar rencana tersebut dapat diketahui jumlah kebutuhan *micropiles* dengan cara mengalikan jumlah kebutuhan/m = 16 buah dengan panjang area yaitu 39,6 m. Maka didapat jumlah kebutuhan sebanyak 1248 buah dengan kedalaman *micropiles* 10 m.

5.1.4.3 Timbunan Tegak Reinforced-Wall

Reinforced Wall yang digunakan sebagai dinding penahan tanah (*segmental*) adalah *keystone wall* dengan tipe compac IV straight face. Sedangkan untuk Geogridnya digunakan Miragrid GX 100/30.

- Perhitungan jarak dan panjang geogrid

Figure 12-7 Typical range in reinforcement spacing for reinforced earth walls.



Gambar 5.28 Penentuan jarak pasang geogrid

Sumber : Joseph E. Bowles, *Foundation Analysis and Design*
 Dalam menentukan jarak perlapis (S_v) geogrid yang digunakan akan mengikuti spesifikasi *reinforced wall* yang digunakan. Pada perencanaan ini digunakan *reinforced wall* dengan tipe *keystone wall compac IV* dengan $h = 20$ cm. Sehingga jarak antar lapis geogrid yang dipakai (S_v/h) adalah sebesar 20 cm. Sedangkan untuk nilai s adalah 0 m dikarenakan menggunakan lembaran geogrid secara menerus.

- Mencari nilai K_a

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45 - \theta/2) \\ &= \tan^2 (45 - 30/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

$$f = \tan \delta = 0,364$$

$$\begin{aligned} T_i &= \gamma \times z \times h \times k_a \\ &= 18 \times 1 \times 0,2 \times 0,333 \\ &= 1,198 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$L_e = \frac{T_i \times SF}{2 \cdot b \cdot \tan \delta \cdot \gamma \cdot z}$$

$$L_e = \frac{1,198 \times 1,25}{2 \cdot 0,364 \cdot 18 \cdot 1}$$

$$L_e = 0,114 \text{ m}$$

Karena nilai L_e kurang dari 1 m maka pada pengaplikasian dilapangannya akan digunakan panjang $L_e = 1$ m.

$$\begin{aligned}
 \rho &= 45^\circ + \theta/2 \\
 &= 60^\circ \\
 L_r &= H \times \tan(90^\circ - \rho) \\
 &= 11,1 \times 0,577 \\
 &= 6,405 \text{ m} \\
 L_o &= L_r + L_e \\
 &= 6,405 + 1 \\
 &= 7,405 \text{ m} = 7,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi panjang geogrid per lapisnya yang dipakai adalah sepanjang 7,5 m. Setelah selesai merencanakan kebutuhan jumlah dan panjang geogrid, selanjutnya dilakukan kontrol stabilitas yang sama dengan *geotextile-wall*. Hal yang akan ditinjau dari kontrol stabilitas adalah overturning, kontrol geser (Sliding) dan Bearing Capacity.

- Kontrol Geser

Dengan persamaan dan cara perhitungan yang sama dengan *geotextile-wall* pada Sub bab 5.1.4.2 Didapatkan nilai SF geser sebesar 2,31.

$$SF < SF \text{ Rencana}$$

$$2,31 < 3 \text{ (NOT OK)}$$

Dikarenakan SF masih berada dibawah SF syarat maka panjang geogrid di perpanjang hingga 10 m. Kemudian dihitung kembali dan didapat nilai SF sebesar 3,12

$$SF > SF \text{ rencana}$$

$$FS = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Pendorong}}$$

$$FS = \frac{\left[C_s + \left(\frac{W + P_a \sin \delta}{L} \right) \tan \delta \right] \cdot L}{P_a \cos \delta}$$

$$FS = \frac{\left[0,129 + \left(\frac{1998 + 3936,86}{10} \right) \tan 20^\circ \right] \cdot 10}{1660,793}$$

$$3,12 > 3 \text{ (OK)}$$

- Bearing Capacity

$$\begin{aligned}
 P_{ult} &= C.N_c + q.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma \\
 &= 22,3 \times 11,8 + 0 \times 3,8 + 0,5 \times 18 \times 7,4 \times 2,07 \\
 &= 401,74 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{act} &= (\gamma_{timb} \times H_{timb}) + C \\
 &= 155,509 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$FS = \frac{P_{ult}}{P_{act}}$$

$$FS = \frac{401,74}{155,509}$$

$$FS = 2,58$$

FS > FS rencana

2,58 < 3 (NOT OK)

Dikarenakan SF untuk bearing capacity tidak memenuhi maka diperlukan perkuatan untuk konstruksi tersebut. Perkuatan yang digunakan adalah *Micropile* dengan perhitungan dan jumlah yang sama dengan perencanaan perkuatan dengan menggunakan *micropile* pada *Geotextile-wall* pada Sub bab 5.1.4.2.

5.2 Perencanaan Underpass

Pada perencanaan perbaikan tanah dasar untuk konstruksi box tunnel dilakukan perencanaan dengan 2 alternatif yaitu perbaikan tanah dasar dengan menggunakan metode *preloading* dan alternatif perbaikan menggunakan tiang pancang. Perhitungan perencanaan dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Perhitungan besar settlement akibat Underpass
- b. Perbaikan tanah dasar dengan *preloading* dan PVD
- c. Perbaikan tanah dasar dengan tiang pancang

5.2.1 Perhitungan Settlement akibat konstruksi underpass

Untuk perhitungan tegangan overburden dan praconsolidation dihitung sesuai dengan perhitungan yang berada pada Sub bab 5.1.2. sedangkan untuk perhitungan besarnya penambahan beban (Δp) akibat beban *underpass* dan tanah timbunan diatasnya dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta p = 4 \times I \times q$$

Dimana :

q = tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa beban perkerasan dan lalu lintas.

I = faktor pengaruh (*Influence factor*) yang ditentukan dari kurva didasarkan teori watergaard (Duncan dan Buchigani 1976)

Data perencanaan :

Panjang underpass	: 39,2 m
q pavement	: 1,46 t/m ²
q box tunnel	: 3,3 t/m ²
q tanah timbunan	: 3,6 t/m ²
q lori	: 1,46 t/m ²
q total	: q pavement + q box tunnel + q timbunan + q lori : 9,82 t/m ²

$$Z = \frac{1}{2} \text{ tebal lapis yang ditinjau} \\ = 0,5 \text{ m}$$

$$m = B/z = 39,2 \text{ m} / 0,5 \text{ m} \\ = 39,2$$

$$n = Y/z = 6 \text{ m} / 0,5 \text{ m} \\ = 12$$

Kemudian nilai m dan n dimasukan ke dalam grafik faktor pengaruh I (Duncan dan Buchigani, 1976) sehingga didapatkan hasil berupa harga faktor pengaruh akibat beban perkerasan dan lalu lintas. Dari nilai m dan n diatas maka didapat nilai $I = 0,25$ maka :

$$\Delta p_1 = 4 \times I \times q \\ = 4 \times 0,25 \times 9,82 \\ = 9,82 \text{ t/m}^2$$

- Settlement akibat Underpass

$$Po' + \Delta p = > Pc' = 10,182 \text{ t/m}^2 \Rightarrow 2,362 \text{ t/m}^2$$

Dikarenakan tanah merupakan tanah tipe *overconsolidated soil* maka digunakan Persamaan 2.18 sebagai rumusan perhitungan.

Maka :

$$S_c = \left[\frac{1.0}{1 + 1,906} \cdot x 0.129 \log \frac{2,362}{0,362} \right] + \left[\frac{1.0}{1 + 1,906} \cdot x 1,031 \log \frac{10,182}{2,362} \right]$$

$$S_c = 0,267 \text{ m}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan pada tiap lapis dapat dilihat pada lampiran. Dari perhitungan tersebut didapatkan *settlement* total untuk konstruksi *underpass* sebesar 2,586 m.

5.2.2 Perencanaan Preloading dan PVD

Untuk perbaikan tanah dasar dengan menggunakan metode preloading, maka perlu digunakannya beban pengganti konstruksi diatas tanah dasar yang akan dibangun. Pada perencanaan ini beban pengganti yang akan digunakan adalah berupa tanah timbunan. Maka perlu dicari berapa tinggi timbunan yang dibutuhkan untuk mengganti beban $q = 9,82 \text{ t/m}^2$ (data perencanaan Sub bab 5.1.5).

$$q \text{ butuh} = 9,82 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma \text{ timb} = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} H \text{ timbunan} &= \frac{q \text{ butuh}}{\gamma \text{ timbunan}} \\ &= \frac{9,82 \text{ t/m}^2}{1,8 \text{ t/m}^3} \\ &= 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

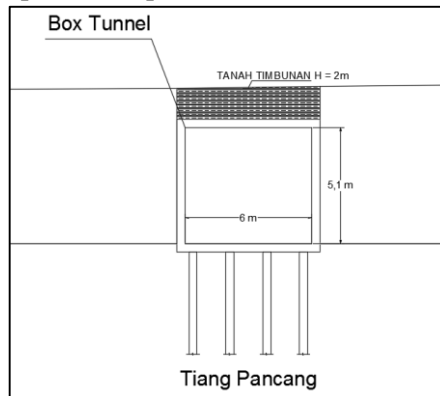
Berdasarkan hasil perhitungan *settlement* akibat beban konstruksi *underpass* pada Sub bab 5.1.5 didapatkan S_c sebesar 2,586 m, didapatkan hasil tinggi sisa timbunan akibat *settlement* sebesar: $H \text{ timb} - S_c = 5,5 \text{ m} - 2,536 \text{ m} = 2,964 \text{ m}$. sehingga timbunan tersebut harus dibongkar sebelum dibangun konstruksi *underpass box tunnel* diatasnya.

Untuk perencanaan PVD dilakukan perhitungan yang sesuai dengan perhitungan PVD yang berada pada Sub bab 5.1.2. sehingga dipakai PVD dengan pola segi empat dengan jarak 1 m pada tanah dasar dibawah konstruksi *box tunnel* . dengan luas area *box tunnel* yang memiliki panjang 39,6 m dan lebar 6 m maka

dibutuhkan jumlah PVD sebanyak 234 buah dengan kedalaman 16 m.

5.2.3 Perbaikan tanah dasar dengan tiang pancang

Tiang pancang diletakkan dibawah konstruksi *underpass*. Perencanaan perbaikan tiang pancang dibawah konstruksi *underpass* bertujuan untuk memperbaiki daya dukung tanah yang berada dibawah konstruksi *underpass*. Untuk sketsa ilustrasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 5.29.



Gambar 5.29 Sketsa ilustrasi letak tiang pancang

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam merencanakan tiang pancang untuk perbaikan tanah dasar adalah mencari daya dukung tiang pancang berdasarkan masing-masing diameter rencana tiang pancang. Dalam perencanaan ini digunakan diameter tiang pancang 30 cm dan 40 cm. Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang digunakan rumusan mayeerhof dan bazaraa. Perhitungan dilakukan dengan input besar nilai N-Spt dan ditinjau pada kedalaman tanah setiap 0,5 m. Berikut adalah perhitungan daya dukung tiang pancang diameter 30 cm pada kedalaman 5 m.

Data perencanaan :

N-spt	= 1,25
Po	= 3,45 t/m ²
Diameter Pile	= 30 cm = 0,3 m

$$h_i = 0,5 \text{ m}$$

- Koreksi N-spt terhadap muka air tanah
Koreksi untuk jenis tanah pasir dan pasir berlanau dapat digunakan Persamaan 2.68 dan 2.69. dikarenakan jenis tanah merupakan lanau dan pasir kasar maka nilai koreksi $N_1 = N\text{-spt}$, hal ini berlaku untuk nilai $N\text{-spt} < 15$ maupun nilai $N\text{-spt} > 15$. Pada kedalaman 5 m, nilai N-spt adalah 1,25 sehingga nilai $N_1 = 1,25$.
- Koreksi N-spt terhadap tegangan *overburden*
Koreksi nilai N-spt terhadap tegangan *overburden* (N_2) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.70 dan 2.71. pada kedalaman 5 m diketahui tegangan *overburden* tanah adalah sebesar $3,45 \text{ t/m}^2 < 7,5 \text{ t/m}^2$. Maka untuk perhitungan N_2 digunakan Persamaan 2.70.

$$N_2 = \frac{4 \times N_t}{1 + 0,4 \times \sigma_o}$$

$$N_2 = \frac{4 \times 1,25}{1 + 0,4 \times 3,45}$$

$$= 2,1$$

sehingga didapatkan nilai $N_2 = 2,1$. Nilai N_2 harus kurang dari atau sama dengan $2 \times N_1$. Dikarenakan nilai N_2 kurang dari nilai $2 \times N_1$ maka nilai N_2 yang akan digunakan.

- Mencari Q ujung

Untuk mencari nilai Q ujung maka digunakan Persamaan 2.72.

$$Q_{\text{ujung}} = C_n \text{ ujung} + A_n \text{ ujung}$$

$$C_n = 40 \times N$$

$$N = \text{nilai rata-rata } N_2 \text{ mulai dari 4.D dibawah ujung}$$

$$\text{tiang pancang dan 8.D diatas ujung tiang pancang.}$$

$$A_n = \text{luasan tiang pancang}$$

$$N = 1,47$$

$$Q_{\text{ujung}} = (40 \times 1,47) + (\pi \times (0,3)^2)$$

$$= 4,2 \text{ ton}$$

dari persamaan tersebut maka didapatkan nilai Q ujung untuk kedalaman 5 m adalah sebesar 4,2 ton.

- Mencari $Q_{ultimate}$

Nilai $Q_{ultimate}$ didapatkan dengan Persamaan 2.75. sedangkan nilai R_{si} didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2.73. nilai ΣR_{si} didapatkan dengan cara menjumlahkan nilai R_{si} lapisan yang ditinjau dengan nilai R_{si} lapisan atasnya.

$$\begin{aligned}
 Q_{ultimate} &= Q_{ujung} + \Sigma R_{si} \\
 R_{si} &= f_{si} \times A_{si} \\
 f_{si} &= N / 2 \text{ (ton/m}^2\text{) untuk kondisi tanah lanau} \\
 A_{si} &= \text{luas selimut pancang pada tiap lapis} \\
 f_{si} &= 2,1 / 2 = 1,05 \text{ t/m}^2 \\
 A_{si} &= \pi \times D \times h_i \\
 &= \pi \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 0,5 \text{ m}^2 \\
 R_{si} &= 1,05 \text{ t/m}^2 \times 0,5 \text{ m}^2 \\
 &= 0,5 \text{ ton} \\
 \Sigma R_{si} \text{ (h = 4,5 m)} &= 1,1 \text{ ton} \\
 R_{si} \text{ (h=5 m)} &= 0,5 \text{ ton} \\
 \Sigma R_{si} \text{ (h = 5 m)} &= 1,1 \text{ ton} + 0,5 \text{ ton} = 1,6 \text{ ton} \\
 Q_{ultimate} &= Q_{ujung} + \Sigma R_{si} \\
 &= 4,2 \text{ ton} + 1,6 \text{ ton} \\
 &= 5,8 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut didapatkan nilai $Q_{ultimate}$ untuk kedalaman 5 m sebesar 5,8 ton. Kemudian didapatkan nilai Q_{ijin} tanah dengan cara $Q_{ultimate}$ dibagi dengan nilai $SF = 3$ sehingga didapatkan Q_{ijin} tanah sebesar 1,9 ton. Rekapitulasi hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dapat dilihat pada lampiran.

- Perencanaan tiang pancang

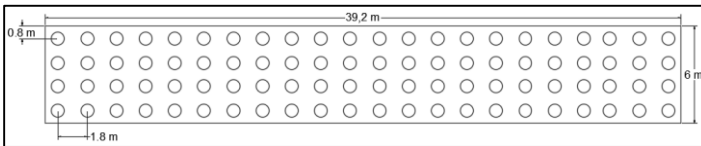
Setelah didapatkan nilai Q_{ijin} tiang pancang, maka selanjutnya dicari berapa jumlah kebutuhan tiang pancang untuk beban konstruksi underpass tersebut.

$$\begin{aligned}
 q_{underpass} &= 9,82 \text{ t/m}^2 \\
 &= 9,82 \times \text{luasan alas box tunnel} \\
 &= 2309,664 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Direncanakan dengan menggunakan tiang pancang diameter 40 cm dengan kedalaman 17m. Dari tabel rekapitulasi hasil perhitungan daya dukung tiang pancang pada lampiran didapatkan nilai Q ijin tiang untuk kedalaman 17 m adalah sebesar 28,71 ton.

$$\begin{aligned} n \text{ tiang pancang} &= q \text{ underpass} / q \text{ ijin tiang} \\ &= 2309,664 / 28,71 \\ &= 81 \text{ buah tiang pancang} \end{aligned}$$

Didapatkan jumlah kebutuhan sebanyak 81 buah tiang pancang.



Gambar 5.30 Sketsa tiang pancang dibawah konstruksi *underpass*

Agar jarak tiang pancang menjadi seragam maka diperlukan penambahan 7 buah tiang pancang, sehingga susunan tiang pancang terdiri dari 4 baris dan berjumlah 22 tiang pancang tiap barisnya.

- Kontrol efisiensi (converse-labbare)

Nilai efisiensi dari tiang pancang dapat dihitung dengan persamaan 2.76. dari persamaan tersebut didapatkan nilai $C_e = 0,762$.

$$Q \text{ ijin tanah} = 28,71 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ ijin tanah terkoreksi} &= Q \text{ ijin tanah} \times C_e \\ &= 21,9 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q \text{ ijin bahan} = 111,5 \text{ ton}$$

$$Q \text{ ijin bahan} > Q \text{ ijin tanah terkoreksi (OK)}$$

- Kontrol akibat beban vertikal

$$V = 2309,664 \text{ ton}$$

$$n = 88 \text{ buah tiang}$$

$$P = \frac{V}{n}$$

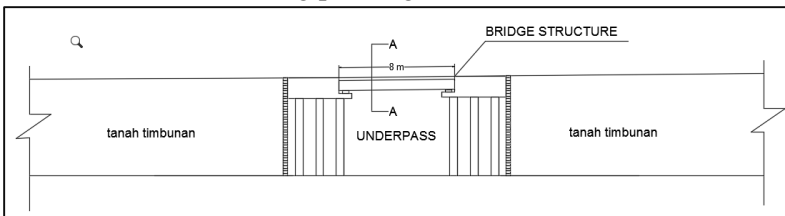
$$P = 26,25 \text{ ton}$$

$$Q \text{ ijin tanah} > P \text{ (OK)}$$

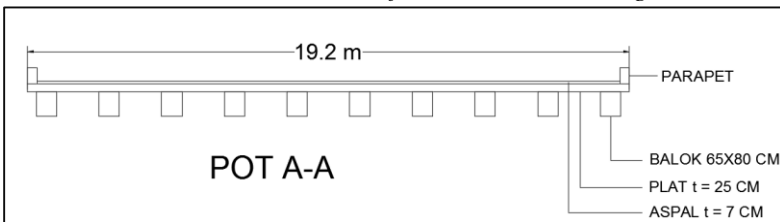
5.3 Perencanaan Bridge Structure

Dikarenakan struktur *reinforced-wall* tidak mampu menahan plat di atasnya, untuk itu di desain konstruksi *bridge structure* untuk jalan tol di atasnya sebagai alternatif *box tunnel*. Perhitungan perencanaan dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- Pembebanan pada jembatan
- Perencanaan tiang pancang



Gambar 5.31 Sketsa desain *reinforced-wall* dan *bridge structure*



Gambar 5.32 potongan melintang jembatan

5.3.1 Pembebanan pada Bridge Structure

Bridge structure direncanakan dengan panjang bentang 8 m dan dengan lebar jembatan 19,2 m.

- Perencanaan Plat

- Beban mati

Bj beton = 2400 kg/m^3

Bj ashpalt = 14 kg/m^2

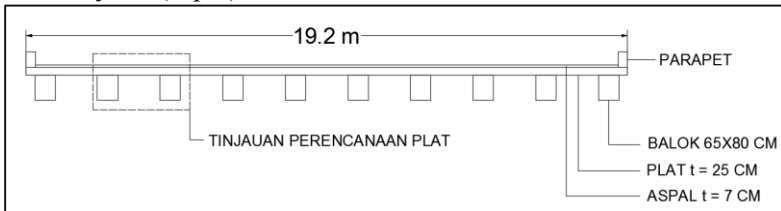
Bj kayu = 1125 kg/m^3

Faktor beban

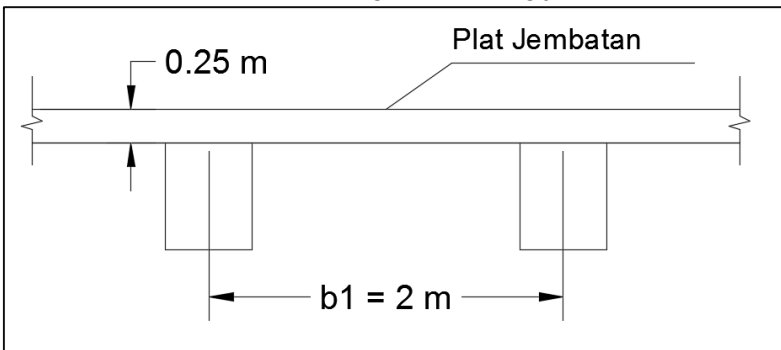
γ_{ms} (beton cor ditempat) = 1,3

γ_{ms} (Baja) = 1,1

$$\begin{aligned} \gamma'_{ms} \text{ (Bekisting)} &= 1,4 \\ \gamma'_{ms} \text{ (aspal)} &= 1,3 \end{aligned}$$



Gambar 5.33 Potongan melintang jembatan



Gambar 5.34 Potongan tinjauan perencanaan plat jembatan

Pleminary desain

Tebal plat beton	= 0,25 m
Tebal ashpalt	= 0,07 m
Tebal parapet	= 0,2 m
Tebal Kayu	= 0,04 m
b1	= 2 m (jarak antar balok)
λ	= 8 m

Perhitungan beban mati

1. Berat plat = $B_j \text{ beton} \times t_p \times \gamma'_{ms}$
 $= 2400 \times 0,25 \times 1,3$
 $= 780 \text{ kg/m}^2$
2. Berat ashpalt = $B_j \text{ ashpalt} \times t_a \times \gamma'_{ms}$
 $= 14 \times 0,07 \times 1,3$
 $= 1,274 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned}
3. \quad \text{Berat parapet} &= B_j \text{ beton} \times t_p \times y'_{ms} \\
&= 2400 \times 0,2 \times 1,3 \\
&= 624 \text{ kg/m}^2 \\
4. \quad \text{Berat bekisting} &= B_j \text{ kayu} \times t_k \times y'_{ms} \\
&= 1125 \times 0,04 \times 1,4 \\
&= 63 \text{ kg/m}^2 \\
qD \text{ total} &= \text{berat plat} + \text{berat asphalt} + \text{berat} \\
&\quad \text{parapet} + \text{berat bekisting} \\
&= 1468,274 \text{ kg/m}^2 \\
MD &= 1/8 \times qD \times \lambda^2 \\
&= 11746,19 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

b. Beban Hidup
- Beban Lajur

1. Beban terbagi rata (BTR)

Dengan panjang jembatan $\lambda = 8 \text{ m} < 30 \text{ m}$, maka sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016 pembebanan untuk jembatan maka q yang dipakai adalah sebesar $9 \text{ kPa} = 900 \text{ kg/m}$. Dengan $y'_{TD} = 2$, maka :

$$\begin{aligned}
q \text{ BTR} &= q \times y'_{TD} \times b_1 \\
&= 900 \times 2 \times 2 \\
&= 3600 \text{ kg}
\end{aligned}$$

2. Beban Garis Terpusat (BGT)

Sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016 pembebanan untuk jembatan, beban BGT harus ditempat tegak lurus pada tengah bentang jembatan dengan beban $q = 49 \text{ kN/m}$ atau $q = 4900 \text{ kg/m}$. Yang dikalikan dengan faktor FBD = 0,4 dan $y'_{TD} = 1,8$.

$$\begin{aligned}
q \text{ KEI} &= (1 + \text{FBD}) \times q \text{ BGT} \times b_1 \\
&= (1 + 0,4) \times 4900 \times 2 \\
&= 24696 \text{ kg}
\end{aligned}$$

3. Beban Truck (T)

Beban Truck pada peraturan SNI 1725:2016 pembebanan untuk jembatan digunakan beban sebesar $T = 112,5 \text{ kN}$ atau $T = 11250 \text{ kg}$. Yang kemudian dikalikan dengan faktor FBD = 0,3 dan $y'_{TD} = 1,8$.

$$\begin{aligned}
 q_T &= (1+FBD) \times T \times y/TD \\
 &= (1+0,3) \times 11250 \times 1,8 \\
 &= 26325 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan momen lapangan

- Momen akibat BGT dan BTR di tengah bentang

$$\begin{aligned}
 \text{Momen} &= 1/4 \times q \text{ BGT} \times \lambda + 1/8 \times q \text{ BTR} \times \lambda^2 \\
 &= 52992 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Momen “T” di tengah bentang

$$\begin{aligned}
 \text{Momen} &= 1/4 \times T \times \lambda \\
 &= 52650 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan momen maksimum maka akan diambil nilai momen beban hidup yang terbesar untuk kemudian dijumlahkan dengan momen akibat beban mati.

$M_{\max} = \text{Momen beban hidup} + \text{Momen beban mati}$

$$\begin{aligned}
 &= 52992 \text{ kgm} + 11746,91 \text{ kgm} \\
 &= 64738,19 \text{ kgm} = 647381900 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol Geser Pons

Tebal efektif plat

$$\begin{aligned}
 dx &= tp - \text{selimut beton} - D/2 \\
 &= 250 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16\text{mm}/2 \\
 &= 222 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Dy &= tp - \text{selimut beton} - D - D/2 \\
 &= 250 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - 16\text{mm}/2 \\
 &= 206 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya geser (PU)

$$\text{Beban} = 112,5 \text{ kN}$$

$$\text{FBD} = 0,3$$

$$\text{kuTT} = 1,8$$

$$\begin{aligned}
 \text{PU} &= \text{beban} \times (1+\text{FBD}) \times \text{kuTT} \\
 &= 263,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Luasan Roda truck

$$P = 750 \text{ mm}$$

$$L = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Keliling kritis (U)} = (2 \times (dy/2) + L) + (2 \times (dy/2) + P) \times 2$$

$$= 2368 \text{ mm}$$

$$\text{Rasio} = 4$$

$$F_{cv} < 0,34 \times f_c'$$

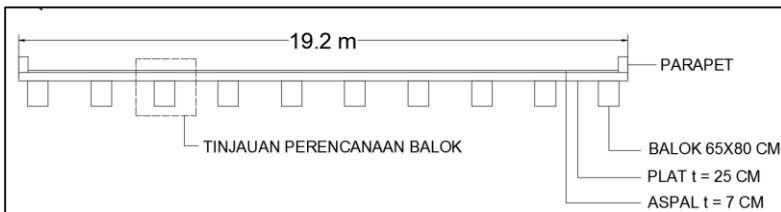
$$1,369 < 1,862$$

$$\begin{aligned} V_n &= f_{cv} \times U \times d_y \\ &= 1,369 \times 2368 \times 206 \\ &= 667958,6 \text{ N} = 667,95 \text{ kN} \end{aligned}$$

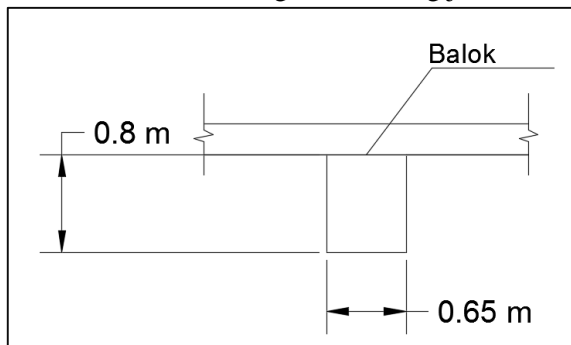
$$P_u < V_n$$

$$263,25 \text{ kN} < 667,95 \text{ kN (OK)}$$

- Perencanaan Balok



Gambar 5.35 Potongan melintang jembatan



Gambar 5.36 Potongan Tinjauan Perencanaan Balok

Material

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$F_{ys} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\varnothing = 10 \text{ mm}$$

$$D = 19 \text{ mm}$$

Dimensi

$$B = 650 \text{ mm}$$

$$H = 800 \text{ mm}$$

$$L = 8000 \text{ mm}$$

$$\text{Cover} = 40 \text{ mm}$$

$$d = 740,5 \text{ mm}$$

$$d' = 59,5 \text{ mm}$$

$$d \text{ lap} = 739 \text{ mm}$$

$$d' \text{ lap} = 61 \text{ mm}$$

a. Pembebanan

- Beban Mati

$$\text{Beban Plat} = 1468,274 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Balok} = 2496 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Bekisting} = 63 \text{ kg/m}^2$$

$$qD = \text{beban plat} + \text{beban balok} + \text{beban bekisting}$$

$$= 4027,274 \text{ kg/m}^2$$

$$MD = 32218,192 \text{ kgm}$$

- Beban Hidup

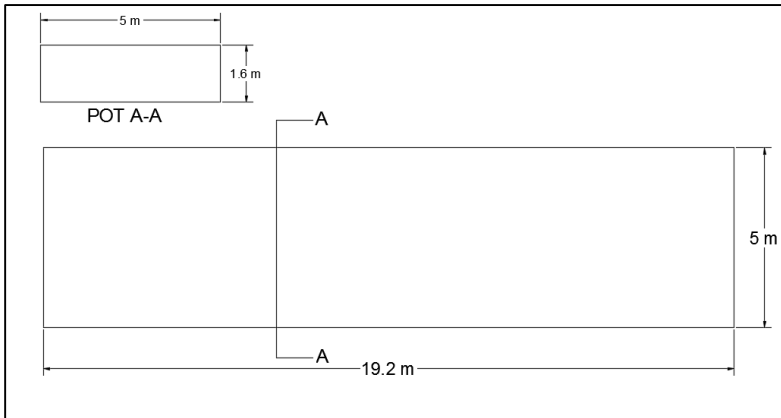
Dalam penentuan beban hidup dilakukan dengan cara yang sama pada perencanaan plat. Yang diambil adalah beban yang memiliki nilai momen paling besar, yaitu momen akibat beban BGT dan BTR. $ML = 162192 \text{ kgm}$

$$M \text{ max} = \text{Momen beban mati} + \text{Momen beban hidup}$$

$$= 19548,19 \text{ kgm} = 195481900 \text{ N}$$

- Perencanaan Poer

Poer direncanakan dengan dimensi panjang sesuai dengan lebar jembatan yaitu 19,2 m. Lebar poer direncanakan 5 m dan tebal 1,6 m. Sketsa gambar rencana poer dapat dilihat pada Gambar 5.30.



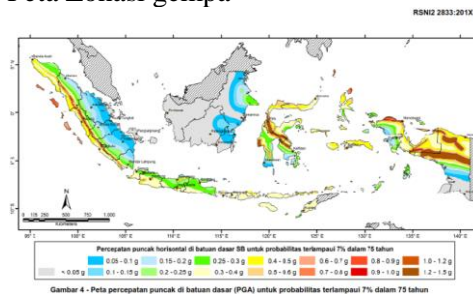
Gambar 5.37 Sketsa dimensi Poer

- **Beban mati**

$$\begin{aligned}
 B_j \text{ beton} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 H_{\text{poer}} &= 1.6 \text{ m} \\
 q_D &= B_j \text{ beton} \times H_{\text{poer}} \\
 &= 2400 \times 1.6 \\
 &= 3840 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 368.640 \text{ kg} = 368,64 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

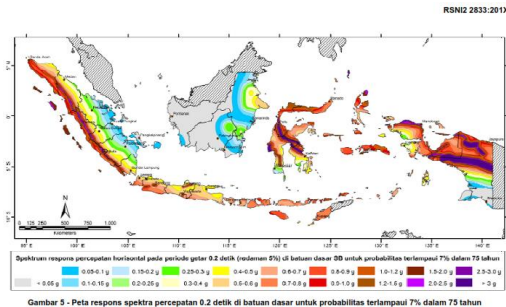
- **Beban Gempa dan kombinasi**

a. **Peta Zonasi gempa**



Gambar 5.38 Peta percepatan puncak batuan dasar (PGA)

Sumber :RSNI-2015



Gambar 5.39 Peta respons spektra percepatan 0,2 s
Sumber :RSNI-2015

Berdasarkan peta diatas maka untuk konstruksi yang berada di wilayah Pasuruan didapatkan nilai sebagai berikut :

$$PGA = 0,2$$

$$S_s = 0,5$$

$$S_1 = 0,3$$

b. Menentukan kelas situs

Tabel 5.15 Rekapitulasi perhitungan nilai N-Spt

Data N-SPT tanah dasar

Tebal (t)	N-SPT	t/N
2,5	0	0
4	2	2
4	0	0
2	3	0,666667
2	4	0,5
2	5	0,4
2	30	0,066667
16		3,633333

Sumber : Analisa Penulis

$$N = \frac{\sum t}{\sum t/N}$$

$$= 4,404 < 15 \text{ (Tanah Lunak)}$$

c. Menentukan faktor situs

Berdasarkan tabel faktor amplifikasi untuk periode 0 dan 0,2 detik (F_a) dan tabel besar nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v) dengan menginputkan nilai S_s dan S_1 maka didapatkan nilai $F_a = 1,7$ dan $F_v = 2,8$

d. Respons spektrum

Respons spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 nilai percepatan puncak, yaitu :

$$\begin{aligned} A_s &= F_a \times PGA \\ &= 0,34 \\ SDS &= F_a \times S_s \\ &= 0,85 \\ SD1 &= F_v \times S_1 \\ &= 0,84 \end{aligned}$$

e. Menentukan faktor modifikasi respons (R)

Berdasarkan tabel untuk faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah untuk tiang vertikal dan merupakan jenis konstruksi yang sangat penting maka digunakan nilai $R = 1,5$

f. Pembebanan akibat gempa

Perencanaan pembebanan ini adalah untuk beban yang akan dikenakan untuk 1 poer. Sehingga beban struktur atas dibagi 2. Namun pada saat perhitungan mencari nilai T tetap digunakan berat struktur atas secara keseluruhan.

Nilai C_{sm} (SNI 2833-2013)

Apabila $T < T_0$

$$C_{sm} = (SD_s - A_s) \times \frac{T}{T_0} + A_s$$

Apabila $T_0 < T < T_s$

$$C_{sm} = SD_s$$

Apabila $T > T_s$

$$C_{sm} = \frac{SD_1}{T}$$

$$T_s = SD_1 / SD_s = 0,84 / 0,85 = 0,98$$

$$T_0 = 0,2 \times T_s = 0,197$$

Berat struktur atas terdiri dari berat balok dan berat plat jembatan.

$$\begin{aligned}\text{Berat total struktur atas} &= 4027,274 \text{ kg/m}^2 \\ &= 322,18 \text{ ton} \\ &= 3221,819 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat struktur atas untuk pembebanan} &= 322,18 \text{ ton/2} \\ &= 161,09 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total struktur bawah} &= 368,64 \text{ ton} \\ &= 3686,4 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Berat beban lalu lintas} = \text{BTR} + \text{BGT}$$

$$\begin{aligned}q\text{BTR} &= 900 \text{ kg/m} \times b_1 \times y^{\text{TD}} \\ &= 14.400 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$q\text{BGT} = 24.696 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Total} &= 39.096 \text{ kg / 2} \\ &= 19.548 \text{ kg} \\ &= 19,548 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Mencari nilai T

a. Arah memanjang jembatan (x)

$$\text{Mutu beton K-600} = 49,8 \text{ Mpa (fc')}$$

$$\text{B poer} = 19,2 \text{ m}$$

$$\text{H poer} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal poer} = 1,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Inersia penampang} &= 1/12 \times b \times h^3 \\ &= 1/12 \times 19,2 \times 5^3 \\ &= 200 \text{ m}^4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \times \sqrt{f c'} \\ &= 33167,48 \text{ Mpa} \\ &= 33167484 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai kekauan} &= \frac{3 \times E_c \times I}{\sqrt{\text{tebal poer}}} \\ &= 1,57 \times 10^{10}\end{aligned}$$

$$\text{Gravitasi} = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$\text{Berat total struktur} = 6908,22 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 2 \times \sqrt{\frac{Wt}{g \times \text{nilai kekauan}}} \\
 &= 2 \times \sqrt{\frac{6586,037 \text{ kN}}{9,81 \times 1,57 \times 10^{10}}} \\
 &= 0,0013
 \end{aligned}$$

Nilai $T_0 < T < T_s$, maka nilai C_{sm} :

$$\begin{aligned}
 C_{sm} &= S D_s \\
 &= 0,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eq atas} &= \frac{C_{sm}}{R} \times Wt \text{ struktur atas} \\
 &= \frac{0,85}{1,5} \times 322,18 \text{ ton} \\
 &= 182,57 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eq bawah} &= \frac{C_{sm}}{R} \times Wt \text{ struktur bawah} \\
 &= \frac{0,85}{1,5} \times 368,64 \text{ ton} \\
 &= 208,89 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b. Arah melintang jembatan (y)

$$\text{Mutu beton K-600} = 49,8 \text{ Mpa (fc')}$$

$$\text{B poer} = 19,2 \text{ m}$$

$$\text{H poer} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal poer} = 1,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Inersia penampang} &= 1/12 \times b^3 \times h \\
 &= 1/12 \times 19,2^3 \times 5 \\
 &= 2949,12 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f_{c'}} \\
 &= 33167,48 \text{ Mpa} \\
 &= 33167484 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai kekauan} &= \frac{3 \times E_c \times I}{\sqrt{\text{tebal poer}}} \\
 &= 2,32 \times 10^{11}
 \end{aligned}$$

$$\text{Gravitasi} = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$\text{Berat total struktur} = 6908,22 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 2 \times \sqrt{\frac{Wt}{g \times \text{nilai kekauan}}} \\
 &= 2 \times \sqrt{\frac{6586,037 \text{ kN}}{9,81 \times 2,32 \times 10^{11}}} \\
 &= 0,000346
 \end{aligned}$$

Nilai $T_0 > T$ maka nilai C_{sm} :

$$C_{sm} = (SD_s - A_s) \times \frac{T}{T_0} + A_s$$

$$C_{sm} = 0,34$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eq atas} &= \frac{C_{sm}}{R} \times Wt \text{ struktur atas} \\
 &= \frac{0,34}{1,5} \times 322,18 \text{ ton} \\
 &= 73,22 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eq bawah} &= \frac{C_{sm}}{R} \times Wt \text{ struktur bawah} \\
 &= \frac{0,34}{1,5} \times 368,64 \text{ ton} \\
 &= 83,77 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan kombinasi

Kombinasi 1 = beban struktur atas + beban struktur bawah + beban lalu lintas + gaya rem

Kombinasi 2 = beban struktur atas + beban struktur bawah + beban lalu lintas + temperatur

Kombinasi 3 = beban struktur atas + beban struktur bawah + beban lalu lintas + beban angin

Kombinasi 4 = beban struktur atas + beban struktur bawah + beban lalu lintas + beban angin + beban temperatur

Kombinasi 5 (x) = beban struktur atas + beban struktur bawah + beban gempa arah (x) + 30% beban gempa arah (y)

Kombinasi 5 (y) = beban struktur atas + beban struktur bawah + 30% beban gempa arah (x) + beban gempa arah (y)

Pada perencanaan ini beban angin, beban gaya rem dan beban temperatur dihiraukan, sehingga persamaan kombinasi 1 sama

dengan persamaan kombinasi 2,3 dan 4. Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.16, Tabel 5.17 Dan Tabel 5.18.

Tabel 5.16 Tabel perhitungan kombinasi 1,2,3 dan 4

Jenis beban	Gaya (ton)			Lengan	moment-x	moment-y
	Hx	Hy	V	(m)	(t-m)	(t-m)
Beban struktur atas	0	0	161,091	2,5	0	402,7274
Beban struktur bawah	0	0	368,64	2,5	0	921,6
Beban lalu lintas	0	0	19,548	2,5	0	24,435
Total	0	0	549,279		0	1348,7624

Tabel 5.17 Tabel perhitungan kombinasi 5 (x)

Jenis beban	Gaya (ton)			Lengan	moment-x	moment-y
	Hx	Hy	V	(m)	(t-m)	(t-m)
Beban struktur atas	0	0	161,091	6,8	0	402,7274
Beban struktur bawah	0	0	368,64	6,3	0	921,6
Beban lalu lintas	0	0	0		0	0
Beban Gempa (x) + 30% Gempa (y)						
Beban struktur atas	182,569755	21,96593	0	6,8	149,3683147	1241,4743
Beban struktur bawah	208,896	25,13338	0	6,3	158,3402805	1316,0448
Beban lalu lintas		0	0		0	0
Total	391,465755	47,09931	529,731		307,7085952	3881,8465

Tabel 5.18 Tabel perhitungan kombinasi 5 (y)

Jenis beban	Gaya (ton)			Lengan	moment-x	moment-y
	Hx	Hy	V	(m)	(t-m)	(t-m)
Beban struktur atas	0	0	161,091	6,8	0	402,7274
Beban struktur bawah	0	0	368,64	6,3	0	921,6
Beban lalu lintas	0	0	0		0	0
Beban Gempa (y) + 30% gempa (x)						
Beban struktur atas	54,7709264	73,21976	0	6,8	497,8943825	372,4423
Beban struktur bawah	62,6688	83,77793	0	6,3	527,8009349	394,81344
Beban lalu lintas	0	0	0			
Total	117,439726	156,9977	529,731		1025,695317	2091,5831

g. Rekap kombinasi pembebanan

Tabel 5.19 Rekapitulasi Kombinasi pembebanan

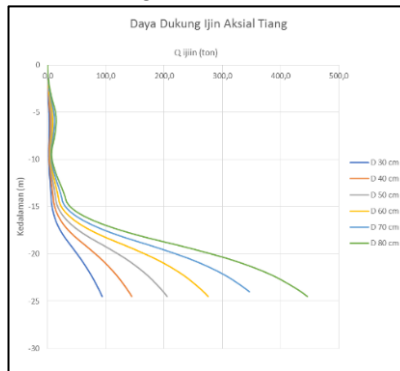
Kombinasi pembebanan	Gaya (ton)				moment-x	moment-y
	Hx	Hy	V		(t-m)	(t-m)
Kombinasi 1	0	0	549,279		0	1348,7624
Kombinasi 2	0	0	549,279		0	1348,7624
Kombinasi 3	0	0	549,279		0	1348,7624
Kombinasi 4	0	0	549,279		0	1348,7624
Kombinasi 5 (x)	391,465755	47,09931	529,731		307,7085952	3881,8465
Kombinasi 5 (y)	117,439726	156,9977	529,731		1025,695317	2091,5831

Sumber : Analisa Penulis

5.3.2 Perencanaan tiang pancang

a. Menghitung daya dukung tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang dihitung sesuai dengan perhitungan pada Sub bab 5.1.7. Untuk hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3-BC. Dari seluruh hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dengan diameter bervariasi maka akan didapatkan grafik perbandingan daya dukung tiang pancang dengan kedalaman sesuai dengan Gambar 5.40.



Gambar 5.40 Grafik daya dukung ijin tiang pancang

b. Preliminary design poer

Tebal poer Rencana = 1,6 m

Panjang = 19,2 m

Lebar = 5 m

Berat poer = 368640 kg = 368,64 ton

c. Perencanaan Tiang pancang

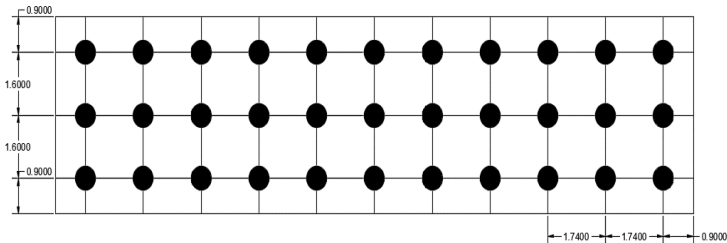
Dicoba dengan diameter spun pile 60 cm

Jarak antar tiang = 3.D
= 3 x 0,6

= 1,8 m

Jarak tiang ke tepi = 1,5.D
= 1,5 x 0,6
= 0,9 m

Dengan ukuran preliminary desain poer diatas maka didapat jumlah kebutuhan tiang pancang dengan jumlah 3 buah untuk arah melintang dan 11 buah arah memanjang. Sehingga dibutuhkan total sebanyak 33 buah tiang pancang berukuran 60 cm. Syarat batas tiang pancang adalah 2,5.D sampai 3.D. sehingga digunakan jarak 1,6 m untuk arah melintang dan 1,74 m untuk arah memanjang.



Gambar 5.41 Desain tiang pancang pada poer.

Sumber : Analisa Penulis

Digunakan tiang pancang dari PT. Waskita

D = 600 mm

Wall thickness = 100 mm

Class = B

Concrete Cross Section = 1,571 cm²

Unit Weight = 393 kg/m

Length = 16 m

Mom. Crack = 25 t.m

Mom. Ultimate = 45 t.m

Allowable axial load = 238,3 ton

d. Kontrol efisiensi Tiang pancang (Converse-Labbare)

D = 0,6 m

S = 1,74 m

m (jumlah pile memanjang) = 11 buah

n (jumlah pile melintang) = 3 buah

$$Ce = 1 - \frac{\arctan \frac{D}{S}}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$Ce = 0,667$$

Menghitung P max / min 1 tiang pancang

$$P = \frac{\sum V_0}{n} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum Y^2} + \frac{M_y \cdot x}{\sum X^2}$$

$$n = 33 \text{ buah}$$

$$x = 1,74 \text{ m}$$

$$y = 8,7 \text{ m}$$

$$\sum X^2 = 112,64 \text{ m}$$

$$\sum Y^2 = 666,072 \text{ m}$$

Kombinasi 1

$$V = 549,279 \text{ ton}$$

$$M_x = 0 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 1348,7624 \text{ ton.m}$$

Maka dengan rumusan diatas didapat hasil P max = 37,48 ton dan p min = 4,19 ton

Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan untuk setiap kombinasi pembebanan. Hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Rekapitulasi perhitungan P max dan P min tiap kombinasi

Jenis Kombinasi	V (ton)	Momen (ton.m)		n tiang	$\sum V_0/n$	$M_y \cdot X / \sum X^2$	$M_x \cdot Y / \sum Y^2$	P max (ton)	P min (ton)
		M_x	M_y						
Kombinasi 1	549,279	0	1348,7624	33	16,645	20,835	0	37,480	-4,190
Kombinasi 2	549,279	0	1348,7624	33	16,645	20,835	0	37,480	-4,190
Kombinasi 3	549,279	0	1348,7624	33	16,645	20,835	0	37,480	-4,190
Kombinasi 4	549,279	0	1348,7624	33	16,645	20,835	0	37,480	-4,190
Kombinasi 5 (x)	529,731	307,7085952	3881,846532	33	16,052	59,965	4,019182	80,036	-47,931
Kombinasi 5 (y)	529,731	1025,695317	2091,58314	33	16,052	32,310	13,39727	61,759	-29,654

e. Cek terhadap Gaya vertikal

Untuk nilai P izin tanah dan P izin tarim tanah dapat dilihat di Lampiran 3-BC.

$$P \text{ max 1 tiang pancang} = 80,036 \text{ ton}$$

$$\text{Kedalaman rencana tiang pancang} = 21 \text{ m}$$

$$P \text{ izin tanah } 24,5 \text{ m} = 201,427 \text{ ton}$$

$$P \text{ izin tanah x efisiensi} = 134,33 \text{ ton}$$

$$P \text{ max 1 tiang (tarik)} = 47,93 \text{ ton}$$

P izin tarik tanah = 48,416 ton

1. Cek allowable axial load pile

P max 1 tiang < allowable axial load tiang pancang

80,036 < 238,3 (OK)

2. Kontrol tegangan vertikal tiang

Tekan : P max < P izin tekan

80,036 < 173,369 (OK)

Cabut : P max Tarik < P izin Tarik

47,93 < 48,416 (OK)

f. Cek terhadap gaya Horizontal

Mutu Pc *spun pile* = 50 Mpa

Kedalaman *Pile* = 22 m

Cu ujung tiang = 0,8 kg/cm²

E = 33234,019 Mpa

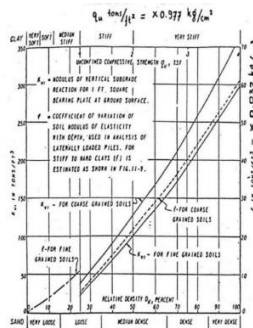
= 332340,187 kg/cm²

= 3323401,872 ton/m²

I = 636172,512 Cm⁴

= 0,0064 m⁴

a. Mencari harga f



Gambar 5.42 Grafik untuk menentukan nilai f

Sumber : NAVFAC, 1971

$q_u = 2 \times C_u \times 0,977$

$= 2 \times 0,8 \times 0,977$

$= 1,6$

Kemudian ditarik garis pada grafik hingga menyentuh garis pada grafik kemudian ditarik garis tegak lurus ke arah kanan untuk mendapatkan nilai f . Didapatkan nilai $f = 56$ sehingga :

$$\begin{aligned} f &= 20 \times 0,0032 \text{ kg/cm}^3 \\ &= 0,64 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

b. Faktor kekakuan relatif

$$\begin{aligned} T &= (E \times I / f)^{1/5} \\ &= 201,277 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$Z = 0$$

$$L/T = 10,93$$

c. Koefisien momen akibat gaya lateral

$$\begin{aligned} P &= H_x / n \\ &= 11,86 \text{ ton} \\ &= 118600 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Cek defleksi

$$\delta_p = \frac{P \times T^2}{E \times I}$$

$$\delta_p = \frac{P \times T^2}{E \times I}$$

$$\delta_p = 0,0045 \text{ m}$$

$$= 0,45 \text{ cm}$$

5.4 Perhitungan Biaya Material

Material yang digunakan sebagai perbaikan tanah dasar dan perkuatan timbunan antara lain adalah penggunaan PVD dan Geotextile. Sedangkan untuk alternatif 1 perkuatan dinding material yang digunakan adalah Geotextile. Sedangkan untuk alternatif 2 perkuatan dinding menggunakan material keystone wall dan Geogrid. Biaya untuk tiap material adalah sebagai berikut:

1. Beton bertulang D 16 mm = Rp. 4.139.971,60/m³
2. Beton bertulang D 19 mm = Rp. 5.265.179,73/m³
3. Beton bertulang D 22 mm = Rp. 6.595.621,11/m³
4. PVD = Rp. 4.500,00 / m
5. Geotextile 200/45 = Rp. 12.300,00/m
6. Geotextile 100/40 = Rp. 6.000,00/m
7. Geogrid 150/40 = Rp. 7.300,00/m

8. Keystone-Wall = Rp. 1.850.00,00/m²
 9. Tanah Urug = Rp. 35.000,00/m³
 10. Micropile = Rp. 142.000,00/m
 11. Spun pile = Rp. 6.700.000/buah
 - Alternatif underpass dengan menggunakan *box tunnel* dengan perkuatan dinding *Geotextile-Wall*.

Alternatif ini meliputi pekerjaan tanah timbunan di sekitar *underpass*, perbaikan tanah dasar *underpass* dengan 2 alternatif yaitu *preloading* dan tiang pancang, serta perkuatan dinding dengan *geotextile-wall*.

Tabel 5.21 Tabel Rekapitulasi perhitungan biaya pekerjaan timbunan

Material	Luasan	buah	Volume	m'	harga satuan	Total biaya
Tanah Timbunan	0	0	156682,8	0	Rp 35.000,00	Rp 5.483.898.437,50
PVD	0	35100	0	561600	Rp 4.500,00	Rp 2.527.200.000,00
Geotextile	88100,5	0	0	0	Rp 12.300,00	Rp 1.083.636.150,00
						Rp 9.094.734.587,50

Tabel 5.22 Rekapitulasi perhitungan biaya perkuatan dinding *geotextile-wall* dan konstruksi *box tunnel*.

Material	Luasan	buah	Volume	m'	harga satuan	Total biaya
Geotextile	14112	0	0	0	Rp 6.000,00	Rp 84.672.000,00
Box Tunnel	0	0	398,272	0	Rp 5.265.179,73	Rp 2.096.973.661,76
Micropile	0	1248	0	12480	Rp 142.000,00	Rp 1.772.160.000,00
						Rp 3.953.805.661,76

Tabel 5.23 Rekapitulasi perhitungan perbaikan tanah dasar *underpass* dengan *preloading*

Material	Luasan	buah	Volume	m'	harga satuan	Total biaya
Tanah timbunan	0	0	1293,6	0	Rp 35.000,00	Rp 45.276.000,00
PVD	0	234	0	3744	Rp 4.500,00	Rp 16.848.000,00
						Rp 62.124.000,00

Tabel 5.24 Rekapitulasi perhitungan perbaikan tanah dasar *underpass* dengan tiang pancang

Material	Luasan	buah	Volume	m'	harga satuan	Total biaya
Pile D 40 cm	0	88	0	0	Rp 3.800.000,00	Rp 334.400.000,00

Dari hasil perhitungan biaya tersebut didapatkan hasil pekerjaan perkuatan dinding *box tunnel* menggunakan *geotextile-wall* dengan alternatif perbaikan tanah dasar menggunakan metode *preloading* merupakan metode dengan biaya paling murah dibandingkan dengan alternatif perbaikan tanah dasar dengan menggunakan tiang pancang. Didapatkan total biaya sebesar Rp. 13.110.664.249,26 untuk pekerjaan yang paling ekonomis.

- Alternatif underpass dengan perkuatan dinding *reinforced-wall* dan *bridge structure*.

Alternatif ini meliputi pekerjaan tanah timbunan disekitar konstruksi underpass, perkuatan dinding dengan *reinforced-wall* dan konstruksi *bridge structure*.

Tabel 5.25 Tabel rekapitulasi perhitungan biaya pekerjaan timbunan

Material	Luasan	buah	Volume	m'	harga satuan	Total biaya
Tanah Timbunan	0	0	156682,8	0	Rp 35.000,00	Rp 5.483.898.437,50
PVD	0	35100	0	561600	Rp 4.500,00	Rp 2.527.200.000,00
Geotextile	88100,5	0	0	0	Rp 12.300,00	Rp 1.083.636.150,00
						Rp 9.094.734.587,50

Tabel 5.26 Tabel rekapitulasi perhitungan biaya pekerjaan *reinforced-wall* dan *bridge structure*.

Material	Luasan	buah	Volume	m'	harga satuan	Total biaya
Reinforced-wall	0	632	0	0	Rp1.850.000,00	Rp 1.169.200.000,00
Geogrid	30184	0	0	0	Rp 7.300,00	Rp 220.343.200,00
Footing	0	0	39,2	0	Rp4.139.971,60	Rp 162.286.886,69
Pile D 60 cm	0	174	0	0	Rp6.700.000,00	Rp 1.165.800.000,00
Bridge structure	0	0	710,4	0	Rp -	Rp 3.762.860.085,77
Micropile	0	1248	0	12480	Rp 142.000,00	Rp 1.772.160.000,00
						Rp 8.252.650.172,46

Dari hasil perhitungan biaya tersebut didapatkan hasil pekerjaan perkuatan dinding *Reinforced-wall* dan konstruksi *bridge structure* dengan total biaya Rp. 17.347.384.759,96. Sehingga dapat disimpulkan alternatif 1 merupakan alternatif yang lebih murah dan efisien.

|BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Adapun beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perencanaan pada tugas akhir ini, diantaranya :

1. Metode perbaikan tanah menggunakan *pre-loading* perlu menggunakan kekuatan Geotextile dikarenakan kondisi daya dukung tanah yang rendah. Sedangkan penggunaan PVD yang efisien dipilih pola segi-empat dengan jarak 1 m dengan kedalaman PVD 16 m. Untuk perbaikan tanah dasar pada konstruksi underpass dibutuhkan tinggi timbunan 5,5 m untuk metode preloading dan 88 buah tiang pancang D 40 cm dengan kedalaman 17 m untuk alternatif perbaikan menggunakan tiang pancang.
2. Jenis perkuatan tanah timbunan untuk jalan tol Gempol-Pasuruan adalah menggunakan Geotextile jenis Stabilenka 200/45. Dengan kebutuhan 15 lapis untuk H = 6,5 m, 16 lapis untuk H = 7,5 m, 18 lapis untuk H = 8,5 m dan 20 lapis untuk H = 9,5 m (Sub bab 5.1.4.1).
3. Pada alternatif 1 dinding penahan tanah untuk *underpass* yaitu *Geotextile-wall* digunakan geotextile jenis stabilenka 100/50. Dengan kebutuhan 22 lapis untuk H = 7,4 m dan 23 lapis untuk H = 7,8 m. Digunakan *Micropile* dengan kebutuhan 16 buah tiang/m.
4. Pada alternatif 2 dinding penahan tanah dengan menggunakan *Reinforced earth-wall* dengan Geogrid, digunakan *reinforced wall* tipe *Keystone wall Compac IV* dengan 36 lapis Geogrid untuk H = 7,4 m dan 38 lapis Geogrid untuk H = 7,8 m. Spesifikasi Geogrid yang digunakan adalah MiraGrid 100/30. Sedangkan untuk perencanaan *Bridge structure* didapatkan tebal plat

jembatan 0,25 m, balok jembatan dengan dimensi $b = 65$ cm, $h = 80$ cm dan panjang 8 m. Dimensi poer dengan panjang 19,2 m, lebar 5 m dan tebal 1,6 m. Serta menggunakan tiang pancang dengan diameter 60 cm dengan jumlah total kebutuhan 33 tiang pancang per poer dengan kedalaman tiang pancang 21 m. Pada opsi 2 ini juga digunakan micropile dengan jumlah yang sama dengan opsi 1 yaitu 16 buah tiang/m.

5. Berdasarkan hasil pada Sub bab 5.4 diketahui bahwa alternatif konstruksi *underpass* dengan *box tunnel* dengan perbaikan tanah dasar menggunakan metode *preloading* dan perkuatan dinding menggunakan *geotextile-wall* merupakan alternatif yang lebih murah dan efisien dibandingkan dengan alternatif *underpass* dengan konstruksi *bridge structure* dan perkuatan dinding dengan menggunakan *reinforced-wall*.

6.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat penulius sampaikan, diantaranya :

1. Mencoba opsi penimbunan bertahap dengan target penimbunan perminggu yang lebih tinggi dari 0,5 m / minggu. Hal ini dimaksudkan agar proses penimbunan berlangsung lebih cepat.
2. Perlu dilakukan proses pengecekan ulang terhadap parameter tanah apakah memang sesuai dengan kriteria karakteristik tanah di lapangan. Hal ini bertujuan agar terhindar dari kegagalan serta pemborosan dalam perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

Das, M. Braja., 1985, *Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Erlangga, Jakarta.

Das, M. Braja., 1985, *Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah I : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.

Mochtar, Noor E., 2012, "Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah", Jurusan Teknik Sipil FTSLK - ITS, Surabaya : ITS PRESS.

Das, M. Braja., 1990, "Principles of Foundation Engineering, second edition", Brooks Cole.

NAVFAC DM-7., 1970, "Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structure", Dept of the Navy Naval Facilities Engineering Command, Virginia, USA.

Mochtar, Indrasurya B, 2000, "Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)", Jurusan Teknik Sipil FTSLK – ITS.

Hansbo, S., 1979, "Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains", *Ground Engineering*, Vol.12,No.5.pp.21-25

Terzaghi, Karl dan B. Peck, Ralph, 1993, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*, Erlangga, Jakarta.

M.J. Tomlinson, 1980, "Pile Design and Construction Practice", *Cement and Concrete Association*, London.

Terzaghi, Karl dan B. Peck, Ralph, 1960, "Soil Mechanics in engineering practice", second edition.

A.R.S. Bazaraa, 1967, *“Use of the Standard penetration Test for estimating settlements of shallow foundation on sands”*, Thesis.

Hary Christady Hardiyatmo, 1992, *Mekanika Tanah Dalam 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

SNI 1725, 2016, *Pembebanan Untuk Jembatan*, Badan Standarisasi Nasional, Indonesia.

Bowles, Joseph E. , 1997, *“Foundation Analysis and Design – Fifth Edition”*, McGraw Hill Company, Singapore.

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Rabu tanggal 11 Juli 2018 jam 09.00 WIB telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

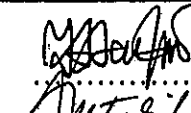

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000058	Aditya Winahyo Eka Putra	Alternatif Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Dinding Pada Konstruksi Underpass Lori Sta 30+658 (Studi Kasus Proyek Tol Gempol-Pasuruan)

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

1. ~~1~~ Data tanah borlog / lapangan harus dimasukkan dalam lampiran
2. Analisa data tanah (2 data yang digunakan) harus dimasukkan ke dalam lampiran
3. data 2 yang ada pada gambar dan tabel harus konsisten..
4. Statigrafi dengan statistik harus diperbaiki range kedalaman ~~terlalu jauh~~ harus diper
5. Grafik daya dukung tanah tidak ada dalam ~~laporan~~ laporan
6. Judulnya, underpass tetapi tidak ada penjelasannya ttng underpass. Laporan tidak jelas.
7. Bab 1, harus ada gambar penampang jalan dan underpassnya (posisi dimana).
8. cek beban lori yang membebani tanah dasar., beban lalu lintas tidak a

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT	
Musta'in Arif, ST. MT	

Surabaya, 11 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

(Ketua)


Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD

Dosen Pembimbing 2

(Sekretaris)


Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT

Dosen Pembimbing 3

(Sekretaris)

**FORM TAMBAHAN PERBAIKAN/PENYEMPURNAAN
SEMINAR & LISAN TUGAS AKHIR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS**

Nama Mahasiswa : Aditya Winahyo Eka Putra

NRP : 03111645000058

Saran/Masukan :

9. Settlement yg terjadi dibawah timbunan dan di bawah
box tunnel di cek kembali.

10. Penjelasan bridge structure.

Surabaya,

(.....)



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	:	Putu Tantri Kumala Sari, ST.MT.
NAMA MAHASISWA	:	Aditya Winahyo Eka Putra.
NRP	:	03111645000058.
JUDUL TUGAS AKHIR	:	ALTERNATIF PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH DASAR DAN PERLENGKAPAN DINDING PADA KONSTRUKSI UNDERPASS LORI STA 30+658 (Studi kasus Proyek tol Genepel - Pasuruan).
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	9 april	Analisa data tanah - nilai e menggunakan rumusan dasar - C_u menggunakan rumus grafik grafik korelasi	Grafik H initial H_{funs} range 6,5 - 9,5 (haus masuk) Data data + pemampatan haus selera Jumat 13 april 18.	
	12 april	- cek $p'o$ → rumusan excel Salah. - rumus settlement OC → RUMUS A RUMUS B.	Perbaiki lanjutkan H_{funs} + twb. bertahap.	
	19 april	- H kritis - Perhitungan pentahapan	→ hasil H_{funs} masuk keliru - Nilai C_u dicek ulang - Grafik penurunan Pentahapan perbaikan Asist senin 22 april.	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	:	
NAMA MAHASISWA	:	
NRP	:	
JUDUL TUGAS AKHIR	:	
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
		<p>- Pentanapan penimbunan</p> <p>* Pemampatan mingg-mingg dikali 4% (degree of con solidasi)</p> <p>- pentanapan sudah diper baiki</p>	<p>Rabu 25 april 2018</p> <p>Revisi penhahapa</p> <p>- Geotextile</p>	<p><i>[Signature]</i></p> <p><i>[Signature]</i></p>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	:	
NAMA MAHASISWA	:	
NRP	:	
JUDUL TUGAS AKHIR	:	
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
		<ul style="list-style-type: none"> - Pentahapan penimbunan - * penempatan miring = miring dikali 4% (degree of cob solidasi) - pentahapan sudah diperbaiki. - cek panjang geotextile v/ dibandingkan dug longsor terpancung. - Bearing capacity - coba diganti dengan material tanah baik atau menggunakan tiang. - penguatan dibawah box tunnel dengan micropile → perkuatan dari spt pondasi dalam 	<p>Rabu 25 april 2018</p> <p>Revisi penahapan</p> <p>- Geotextile</p> <p>Senin 13 Mei 2018.</p> <p>Laporan Bab 4</p>	

Lampiran 1-A

BORE LOG

Bore No.	: B-4	GPS (UTM)	X	: 717464
Project	: Jalan Tol Gempol - Pasuruan (Over Pass Kedawung Kulon/Ngopaki)		Y	: 9147232
Location	: Jawa Timur	Diameter of Bore		: 73 mm
STA	: 31+000	Diameter of Casing		: 89 mm
OWL	:	Date	Start	: 02 Juni 2017
Remarks	:		Finish	: 03 Juni 2017

[illegible]

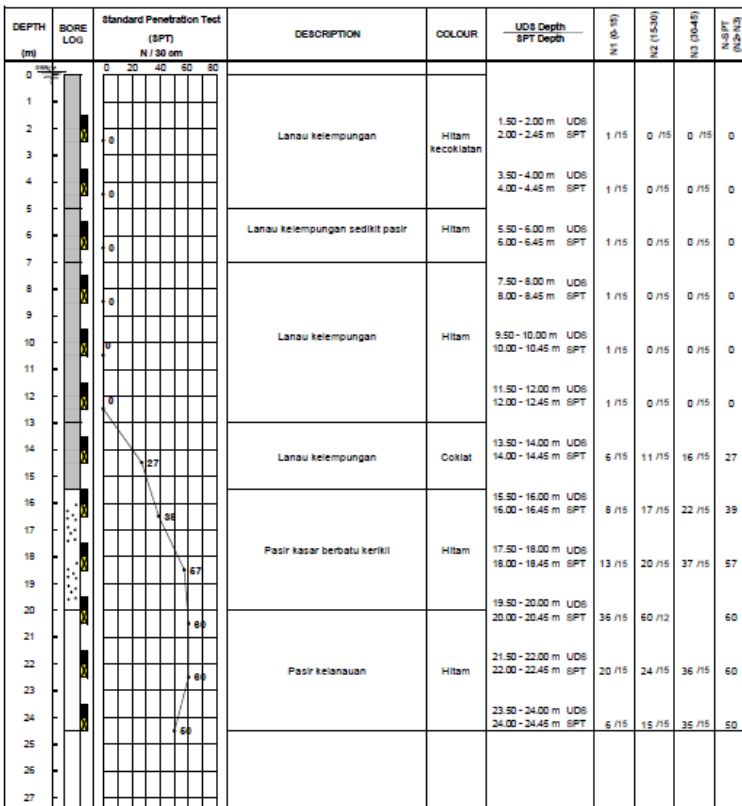
Lampiran 1-B

BORE LOG

Bore No. : S-3
Project : Jalan Tol Gempol - Pasmuran (Over Pass Keduwung Wetan/Nigopaki)
Location : Jember Timur
STA : 32+000
GWL : -0.5 m
Remarks : Dadi as jalan ke titik bor = 2 meter

GPS (UTM)	X	=	718172
	Y	=	9148918
Diameter of Bore	:		73 mm
Diameter of Casing	:		89 mm
Date	Start	:	31 Mei 2017
	Finish	:	01 Juni 2017

[illegible]



[illegible]

Lampiran 2-A

GI-Drain

Prefabricated Vertical Drain

GEOFORCE INDONESIA
geosynthetics engineering

MATERIAL DATA SHEET

Physical Properties	Standard	Unit	GD-70	GD-80	GD-90
Filter material			PET	PET	PET
Core material			PP/PE	PP/PE	PP/PE
Weight (core + filter)	ASTM D 1777	gr/m	80 ± 3	93 ± 3	103 ± 3
Width		mm	100 ± 3	100 ± 3	100 ± 3
Thickness	ASTM D 5199	mm	3.0 + 0.2	3.5 + 0.2	4.2 + 0.2
FILTER					
Grab tensile strength	ASTM D 4632	N	> 250	> 350	> 350
Elongation	ASTM D 4632	%	30-90	30-90	30-90
Poresize opening (O95)	ASTM D 4751	µm	< 75	< 75	< 75
Tear strength	ASTM D 4533	N	> 60	> 100	> 100
Permittivity	ASTM D 4491	s ⁻¹	> 1.3	> 0.7	> 0.7
Permeability	ASTM D 4491	10 ⁻³ m/s	> 20	> 5	> 5
ASSEMBLED DRAIN					
Tensile strength	ASTM D 4595	kN	> 2.8	> 3.0	> 3.2
Tensile strength at 5% strain	ASTM D 4595	kN	> 2.0	> 2.2	> 2.4
Tensile strength at 10% strain	ASTM D 4595	kN	> 2.6	> 2.8	> 3.0
Elongation	ASTM D 4595	%	30-70	30-70	30-70
Discharge capacity at 10 kPa	ASTM D 4716	10 ⁻⁶ m ³ /s	> 110	> 120	> 130
Discharge capacity at 300 kPa	ASTM D 4716	10 ⁻⁶ m ³ /s	> 70	> 80	> 90

Lampiran 2-C



Miragrid® GX Geogrids

Properties of TenCate Miragrid® GX Geogrids						
Property		Unit		GX 130/30	GX 160/50	GX 200/50
Initial Mechanical Properties						
Characteristic initial strength, T_s	(ISO 10319)	MD	kN/m	130	160	200
Characteristic initial strength	(ISO 10319)	CD	kN/m	30	50	50
Characteristic initial strength at 5% strain	(ISO 10319)	MD	kN/m	65	80	100
Strain at initial strength		MD	%	10	10	10
Material reduction factor creep-rupture, f_{cr}						
at 60 years design life				1.41	1.41	1.41
at 120 years design life				1.43	1.43	1.43
Creep limited strength based on creep-rupture, T_{cr}						
at 60 years design life			kN/m	92.2	113.5	141.8
at 120 years design life			kN/m	90.9	111.9	139.9
Material reduction factor - installation damage, f_d						
in clay, silt or sand				1.06	1.06	1.06
in aggregate base course (32mm maximum size)				1.10	1.10	1.10
in well graded gravel (63mm maximum size)				1.15	1.15	1.10
Material reduction factor - environmental effects ($4 < \text{pH} < 9$), f_e						
at 60 years design life				1.03	1.03	1.03
at 120 years design life				1.06	1.06	1.06
Long term design strengths, T_p						
at 60 years design life						
in clay, silt or sand			kN/m	84.4	103.9	129.9
in aggregate base course (32mm maximum size)			kN/m	81.4	100.2	125.2
in well graded gravel (63mm maximum size)			kN/m	77.8	95.8	125.2

Lampiran 2-D

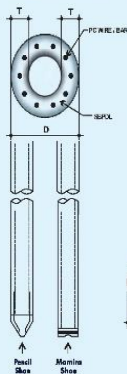
PC SPUN PILE CONCRETE PRODUCT



Description

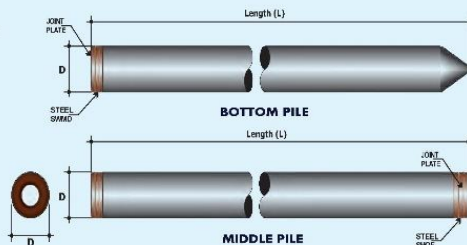
Type of pile	: Prestressed Concrete Spun Pile
Splice system	: Welded at steel joint plate
Type of shoe	: Pencil (Standard Product) Mamira (Special Design)
Method of Driving	: Diesel or Hydraulic Hammer

Shape and Dimension



Design and Manufacturing References

JIS A 5335 - 1987 ACI 343 - 00 SNI 03-2847-2002	Prestressed Concrete Spun Pile Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Concrete Code
---	--



Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C33 - 1999 NI 2 FBI - 1971 SNI 15-2049 - 2004	Standard Specification for Concrete Aggregate Indonesian Concrete Code	Standard product : Type I Special order : Type II or V
Cement	SNI 15-2049 - 2004	Portland Cement	Standard product : Type I Special order : Type II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : Water reducing admixtures
Concrete	SNI 03-2847 - 2002	Indonesian Concrete Code	Compressive strength at : 28 days : 600kg/cm ² (cube)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and strand for Prestressed Concrete	SW7D 1
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	S3PD1 1275 / 1420
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wire	SWWA / SWMP
Join Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steel for General Structure	SS - 400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code-steel	AWS A5.1 / E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, UON 26, or equivalent

Classification

Outside Diameter D	Wall Thickness T	Class	Concrete Cross Section	Unit Weight	Length L	Bending Moment		Allowable Axial Load
						Crack	Ultimate	
(mm)	(mm)		(cm²)	(kg/m)	(m)	(ton.m)	(ton.m)	(ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2,50	3,75	72,60
		A3				3,00	4,50	70,75
		B				3,50	6,30	67,50
		C				4,00	8,00	65,40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3,50	5,25	93,10
		A2				4,20	6,30	89,50
		B				5,00	9,00	86,40
		C				6,00	12,00	85,00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5,50	8,25	121,10
		A3				6,50	9,75	117,60
		B				7,50	13,50	114,40
		C				9,00	18,00	111,50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7,50	11,25	149,50
		A2				8,50	12,75	145,80
		A3				10,00	15,00	143,80
		B				11,00	19,80	139,10
500	90	C	1,159	290	6 - 16	12,50	25,00	134,90
		A1				10,50	15,75	185,30
		A2				12,50	18,75	181,70
		A3				14,00	21,00	178,20
600	100	B	1,571	393	6 - 16	15,00	27,00	174,90
		C				17,00	34,00	169,00
		A1				17,00	25,50	252,70
		A2				19,00	28,50	249,00
800	120	A3	2,564	641	6 - 24	22,00	33,00	243,20
		B				25,00	45,00	238,30
		C				29,00	58,00	229,50
		A1				40,00	60,00	412,00
1000	140	A2	3,782	946	6 - 24	45,00	67,50	408,20
		A3				49,00	73,50	400,70
		B				55,00	99,00	385,20
		C				65,00	117,00	373,10
1200	150	A1	4,948	1,237	6 - 24	75,00	112,50	614,40
		A2				81,00	121,50	606,40
		A3				95,00	142,50	589,30
		B				105,00	189,00	571,20
		C				120,00	216,00	555,70
		A1				120,00	180,00	759,10
		A2				134,00	201,00	791,10
		A3				156,00	234,00	768,00
		B				170,00	306,00	736,70
		C				200,00	360,00	718,20

Lampiran 3-A

Rekapitulasi parameter tanah

Depth		Wc (%)	Gs (gr/cm3)	yt (ton/m3)
0	2	72,99	2,626	1,723
2	4	72,99	2,626	1,723
4	6	68,02	2,688	1,785
6	8	68,02	2,688	1,785
8	10	68,02	2,688	1,785
10	12	76,34	2,667	1,722
12	14	76,34	2,667	1,722
14	16	62,42	2,689	1,760
16	18	62,42	2,689	1,760
18	20	62,42	2,689	1,760
20	22	36,20	2,722	2,043
22	24	36,20	2,722	2,043

Depth		e	qu (kg/cm ²)	φ	Cc	Cs	Cv
0	2	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129	0,0003
2	4	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129	0,0003
4	6	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129	0,0003
6	8	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129	0,0003
8	10	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129	0,0003
10	12	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129	0,0003
12	14	1,92	0,08	13,36	1,031	0,129	0,0003
14	16	0,93	0,08	12,00	0,727	0,091	0,0003
16	18	0,93	0,08	12,00	0,727	0,091	0,00028
18	20	0,93	0,08	12,00	0,727	0,091	0,00028
20	22	2,02	0,08	20,33	0,872	0,109	0,00028
22	24	2,02	0,08	20,33	0,872	0,109	0,00028

Lampiran 3-B

Sc akibat timbunan $H = 6 \text{ m}$

No.	Tebal lapisan	Z (m)	eo	Cc	Cs	y sat (t/m ³)	P0 (t/m ²)	Pc'	OCR		B1	B2	a1	a2	(B1+B2)/B2	B1/B2	AP	2ΔP	AP+P0	Rumus	Sc	
1	1	0,5	1,906	1,031	0,129	0,723	0,362	2,362	6,530	OC	9,805		12	0,554	88,539	1,817	0,817	5,373	10,75	5,734	B	0,275
2	1	1,5	1,906	1,031	0,129	0,723	1,085	3,085	2,843	OC	9,805		12	1,657	85,626	1,817	0,817	5,318	10,64	6,403	B	0,226
3	1	2,5	1,906	1,031	0,129	0,723	1,808	3,808	2,106	OC	9,805		12	2,743	82,735	1,817	0,817	5,263	10,53	7,071	B	0,195
4	1	3,5	1,906	1,031	0,129	0,723	2,532	4,532	1,790	OC	9,805		12	3,801	79,880	1,817	0,817	5,207	10,41	7,739	B	0,173
5	1	0,5	1,788	1,031	0,129	0,785	2,924	4,924	1,684	OC	9,805		12	0,554	88,539	1,817	0,817	5,373	10,75	8,297	B	0,174
6	1	1,5	1,788	1,031	0,129	0,785	4,071	6,071	1,491	OC	9,805		12	1,657	85,626	1,817	0,817	5,318	10,64	9,390	B	0,150
7	1	2,5	1,788	1,031	0,129	0,785	4,857	6,857	1,412	OC	9,805		12	2,743	82,735	1,817	0,817	5,263	10,53	10,120	B	0,137
8	1	3,5	1,788	1,031	0,129	0,785	5,642	7,642	1,354	OC	9,805		12	3,801	79,880	1,817	0,817	5,207	10,41	10,850	B	0,125
9	1	4,5	1,788	1,031	0,129	0,785	6,428	8,428	1,311	OC	9,805		12	4,822	77,076	1,817	0,817	5,150	10,30	11,578	B	0,116
10	1	5,5	1,788	1,031	0,129	0,785	7,213	9,213	1,277	OC	9,805		12	5,797	74,333	1,817	0,817	5,092	10,18	12,305	B	0,107
11	1	0,5	2,011	1,031	0,129	0,722	7,181	9,181	1,279	OC	9,805		12	0,554	88,539	1,817	0,817	5,373	10,75	12,554	B	0,104
12	1	1,5	2,011	1,031	0,129	0,722	7,903	9,903	1,253	OC	9,805		12	1,657	85,626	1,817	0,817	5,318	10,64	13,221	B	0,097
13	1	2,5	2,011	1,031	0,129	0,722	8,624	10,624	1,232	OC	9,805		12	2,743	82,735	1,817	0,817	5,263	10,53	13,888	B	0,091
14	1	3,5	2,011	1,031	0,129	0,722	9,346	11,346	1,214	OC	9,805		12	3,801	79,880	1,817	0,817	5,207	10,41	14,553	B	0,086
15	1	0,5	1,735	0,727	0,091	0,760	9,365	11,365	1,214	OC	9,805		12	0,554	88,539	1,817	0,817	5,373	10,75	14,738	B	0,069
16	1	1,5	1,735	0,727	0,091	0,760	10,126	12,126	1,198	OC	9,805		12	1,657	85,626	1,817	0,817	5,318	10,64	15,444	B	0,065
																				Sc Total=	2,190	

Lampiran 3-C

Sc timbunan akibat Pavement H timbunan = 6 m

[illegible]

Lampiran 3-D

[illegible]

Lampiran 3-E

Tahun ke	Tv	Uv (%)	Sc (m)
1	0,003614	6,783651	20,74017
2	0,007228	9,593531	29,33102
3	0,010843	11,74963	35,92302
4	0,014457	13,5673	41,48033
5	0,018071	15,1687	46,37642
6	0,021685	16,61648	50,80282
7	0,0253	17,94785	54,87332
8	0,028914	19,18706	58,66205
9	0,032528	20,35095	62,2205
10	0,036142	21,45179	65,58616

Lampiran 3-F

Faktor hambatan PVD pola segi-empat

Jarak PVD S (m)	D (m)	a (m)	B (m)	DW (m)	n	F (n)
0,8	0,904	0,1	0,0042	0,066	13,628	1,871
1	1,13	0,1	0,0042	0,066	17,035	2,092
1,25	1,4125	0,1	0,0042	0,066	21,293	2,313
1,5	1,695	0,1	0,0042	0,066	25,552	2,494
1,75	1,9775	0,1	0,0042	0,066	29,810	2,648
2	2,26	0,1	0,0042	0,066	34,069	2,781

Faktor hambatan PVD pola segi-tiga

Jarak PVD S (m)	D (m)	a (m)	b (m)	DW (m)	n	F (n)
0,8	0,84	0,1	0,0042	0,066	12,663	1,798
1	1,05	0,1	0,0042	0,066	15,829	2,019
1,25	1,3125	0,1	0,0042	0,066	19,786	2,240
1,5	1,575	0,1	0,0042	0,066	23,743	2,421
1,75	1,8375	0,1	0,0042	0,066	27,700	2,574
2	2,1	0,1	0,0042	0,066	31,657	2,707

Lampiran 3-G

Perhitungan PVD segi-empat jarak 0,8 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh(%)	U total (%)
1	0,000156385	0,014111	0,207658212	21,883883
2	0,000139009	0,013304	0,372194491	38,054671
3	0,000208514	0,016294	0,50256346	51,066859
4	0,000278018	0,018814	0,605860243	61,327577
5	0,000347523	0,021035	0,6877066	69,427576
6	0,000417028	0,023043	0,752556889	75,82587
7	0,000486532	0,024889	0,803940483	80,882025
8	0,000556037	0,026608	0,844653852	84,878725
9	0,000625541	0,028222	0,876912755	88,038649
10	0,000695046	0,029748	0,902472832	90,53741

Lampiran 3-H

Perhitungan PVD segiempat jarak = 1 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh(%)	U total (%)
1	6,95E-05	0,009407	0,124749	13,29828
2	0,000139	0,013304	0,233936	24,41275
3	0,000209	0,016294	0,329502	34,04267
4	0,000278	0,018814	0,413146	42,41872
5	0,000348	0,021035	0,486355	49,716
6	0,000417	0,023043	0,550432	56,07915
7	0,000487	0,024889	0,606515	61,63088
8	0,000556	0,026608	0,655602	66,47658
9	0,000626	0,028222	0,698566	70,70725
10	0,000695	0,029748	0,736169	74,40177
11	0,000765	0,0312	0,769082	77,62866
12	0,000834	0,032588	0,797889	80,4475
13	0,000904	0,033918	0,823102	82,9102
14	0,000973	0,035199	0,84517	85,06196
15	0,001043	0,036434	0,864485	86,94221
16	0,001112	0,037629	0,88139	88,58533
17	0,001182	0,038787	0,896187	90,02132

Lampiran 3-I

Perhitungan PVD segi-empat jarak 1,25 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh(%)	U total (%)
1	6,95E-05	0,009407	0,074217	8,292631554
2	0,000139	0,013304	0,142926	15,43286902
3	0,000209	0,016294	0,206536	21,94645327
4	0,000278	0,018814	0,265425	27,92453534
5	0,000348	0,021035	0,319943	33,42480248
6	0,000417	0,023043	0,370415	38,49223374
7	0,000487	0,024889	0,417141	43,16478379
8	0,000556	0,026608	0,460399	47,47566697
9	0,000626	0,028222	0,500447	51,45450838
10	0,000695	0,029748	0,537522	55,12802298
11	0,000765	0,0312	0,571846	58,52046535
12	0,000834	0,032588	0,603623	61,65395426
13	0,000904	0,033918	0,633041	64,54872226
14	0,000973	0,035199	0,660275	67,22331679
15	0,001043	0,036434	0,685489	69,69476766
16	0,001112	0,037629	0,708831	71,97873013
17	0,001182	0,038787	0,730441	74,0896093
18	0,001251	0,039912	0,750447	76,04066971
19	0,001321	0,041005	0,768968	77,84413288
20	0,00139	0,04207	0,786114	79,5112648
21	0,00146	0,043109	0,801988	81,05245471
22	0,001529	0,044124	0,816684	82,47728661
23	0,001599	0,045115	0,830289	83,79460413
24	0,001668	0,046086	0,842885	85,01256972
25	0,001738	0,047036	0,854546	86,13871865
26	0,001807	0,047968	0,865341	87,18000851
27	0,001877	0,048881	0,875335	88,14286449
28	0,001946	0,049778	0,884587	89,03322096
29	0,002016	0,050659	0,893153	89,85655961
30	0,002085	0,051526	0,901083	90,6179446

Lampiran 3-J

Perhitungan PVD segi-empat jarak 1,5 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U total (%)
	1 6,95E-05	0,009407	0,048449	5,740026
	2 0,000139	0,013304	0,09455	10,65963
	3 0,000209	0,016294	0,138418	15,24567
	4 0,000278	0,018814	0,180161	19,55857
	5 0,000348	0,021035	0,219881	23,6291
	6 0,000417	0,023043	0,257677	27,47822
	7 0,000487	0,024889	0,293642	31,12222
	8 0,000556	0,026608	0,327864	34,57477
	9 0,000626	0,028222	0,360428	37,84778
	10 0,000695	0,029748	0,391414	40,95188
	11 0,000765	0,0312	0,4209	43,89678
	12 0,000834	0,032588	0,448956	46,69136
	13 0,000904	0,033918	0,475654	49,34387
	14 0,000973	0,035199	0,501058	51,86198
	15 0,001043	0,036434	0,525231	54,25286
	16 0,001112	0,037629	0,548233	56,52324
	17 0,001182	0,038787	0,57012	58,67942
	18 0,001251	0,039912	0,590948	60,72735
	19 0,001321	0,041005	0,610766	62,67263
	20 0,00139	0,04207	0,629624	64,52055
	21 0,00146	0,043109	0,647568	66,2761
	22 0,001529	0,044124	0,664643	67,94401
	23 0,001599	0,045115	0,68089	69,52873
	24 0,001668	0,046086	0,696351	71,03449
	25 0,001738	0,047036	0,711062	72,46529
	26 0,001807	0,047968	0,725061	73,82492
	27 0,001877	0,048881	0,738382	75,11698
	28 0,001946	0,049778	0,751057	76,34486
	29 0,002016	0,050659	0,763118	77,5118
	30 0,002085	0,051526	0,774594	78,62084
	31 0,002155	0,052377	0,785515	79,67491
	32 0,002224	0,053215	0,795906	80,67674
	33 0,002294	0,05404	0,805795	81,62895
	34 0,002363	0,054853	0,815204	82,53402
	35 0,002433	0,055654	0,824157	83,39431
	36 0,002502	0,056443	0,832676	84,21205
	37 0,002572	0,057222	0,840783	84,98935
	38 0,002641	0,05799	0,848497	85,72823
	39 0,002711	0,058748	0,855837	86,43061
	40 0,00278	0,059497	0,862821	87,0983
	41 0,00285	0,060236	0,869467	87,73302
	42 0,002919	0,060966	0,875792	88,33641
	43 0,002989	0,061687	0,881809	88,91002
	44 0,003058	0,062401	0,887536	89,45534
	45 0,003128	0,063106	0,892984	89,97376
	46 0,003197	0,063803	0,898169	90,46662

Lampiran 3-K

Perhitungan PVD segi-tiga jarak 0,8 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh(%)	U total (%)
1	6,95E-05	0,009407	0,244557	25,16631
2	0,000139	0,013304	0,429305	43,68976
3	0,000209	0,016294	0,568872	57,5897
4	0,000278	0,018814	0,674307	68,04351
5	0,000348	0,021035	0,753958	75,91332
6	0,000417	0,023043	0,814129	81,84119
7	0,000487	0,024889	0,859585	86,30797
8	0,000556	0,026608	0,893924	89,67467
9	0,000626	0,028222	0,919866	92,21273

Lampiran 3-L

Perhitungan PVD segi-tiga jarak 1 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh(%)	U total (%)
1	6,95E-05	0,009407	0,147754	15,57716
2	0,000139	0,013304	0,273677	28,33401
3	0,000209	0,016294	0,380995	39,10805
4	0,000278	0,018814	0,472455	48,23807
5	0,000348	0,021035	0,550402	55,98596
6	0,000417	0,023043	0,616832	62,56615
7	0,000487	0,024889	0,673447	68,15746
8	0,000556	0,026608	0,721697	72,91015
9	0,000626	0,028222	0,762817	76,95108
10	0,000695	0,029748	0,797862	80,38751
11	0,000765	0,0312	0,827729	83,31036
12	0,000834	0,032588	0,853182	85,79669
13	0,000904	0,033918	0,874875	87,91194
14	0,000973	0,035199	0,893363	89,71166
15	0,001043	0,036434	0,909119	91,24303

Lampiran 3-M

Perhitungan PVD segi-tiga jarak 1,25 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh(%)	U total (%)
1	6,95E-05	0,009407	0,088096	9,667464
2	0,000139	0,013304	0,168431	17,94944
3	0,000209	0,016294	0,241689	25,40451
4	0,000278	0,018814	0,308494	32,15039
5	0,000348	0,021035	0,369413	38,26772
6	0,000417	0,023043	0,424965	43,82155
7	0,000487	0,024889	0,475623	48,86747
8	0,000556	0,026608	0,521819	53,45422
9	0,000626	0,028222	0,563945	57,6251
10	0,000695	0,029748	0,60236	61,41887
11	0,000765	0,0312	0,63739	64,87037
12	0,000834	0,032588	0,669335	68,01103
13	0,000904	0,033918	0,698465	70,86926
14	0,000973	0,035199	0,725029	73,47077
15	0,001043	0,036434	0,749253	75,83887
16	0,001112	0,037629	0,771343	77,9947
17	0,001182	0,038787	0,791487	79,95743
18	0,001251	0,039912	0,809856	81,74448
19	0,001321	0,041005	0,826607	83,37169
20	0,00139	0,04207	0,841882	84,85342
21	0,00146	0,043109	0,855812	86,20276
22	0,001529	0,044124	0,868514	87,43158
23	0,001599	0,045115	0,880098	88,5507
24	0,001668	0,046086	0,89066	89,56995
25	0,001738	0,047036	0,900293	90,49827

Lampiran 3-N

Perhitungan PVD segi-tiga jarak 1,5 m

minggu	Tv	Uv (%)	Uh(%)	U total (%)
1	6,95E-05	0,009407	0,057531	6,639689
2	0,000139	0,013304	0,111752	12,3569
3	0,000209	0,016294	0,162854	17,64939
4	0,000278	0,018814	0,211015	22,58597
5	0,000348	0,021035	0,256406	27,2048
6	0,000417	0,023043	0,299186	31,53347
7	0,000487	0,024889	0,339504	35,59436
8	0,000556	0,026608	0,377503	39,40664
9	0,000626	0,028222	0,413316	42,98732
10	0,000695	0,029748	0,447068	46,35172
11	0,000765	0,0312	0,478879	49,51382
12	0,000834	0,032588	0,50886	52,48647
13	0,000904	0,033918	0,537115	55,28156
14	0,000973	0,035199	0,563746	57,91011
15	0,001043	0,036434	0,588844	60,38237
16	0,001112	0,037629	0,612498	62,70791
17	0,001182	0,038787	0,634791	64,89565
18	0,001251	0,039912	0,655802	66,95394
19	0,001321	0,041005	0,675604	68,89059
20	0,00139	0,04207	0,694267	70,7129
21	0,00146	0,043109	0,711856	72,42775
22	0,001529	0,044124	0,728433	74,04156
23	0,001599	0,045115	0,744056	75,56035
24	0,001668	0,046086	0,758781	76,98979
25	0,001738	0,047036	0,772659	78,33519
26	0,001807	0,047968	0,785738	79,60155
27	0,001877	0,048881	0,798065	80,79354
28	0,001946	0,049778	0,809682	81,91558
29	0,002016	0,050659	0,820631	82,97179
30	0,002085	0,051526	0,83095	83,96608
31	0,002155	0,052377	0,840676	84,9021
32	0,002224	0,053215	0,849842	85,78328
33	0,002294	0,05404	0,858481	86,61285
34	0,002363	0,054853	0,866622	87,39387
35	0,002433	0,055654	0,874296	88,12917
36	0,002502	0,056443	0,881528	88,82147
37	0,002572	0,057222	0,888343	89,47327
38	0,002641	0,05799	0,894767	90,08697
39	0,002711	0,058748	0,900821	90,66479

Lampiran 3-O

U total penimbunan bertahap $H = 6,5 \text{ m}$

Minggu	Uv	Uh	U total (%)
1	0,009407231	0,124749141	13,298
2	0,013303834	0,233935934	24,413
3	0,016293803	0,329501768	34,043
4	0,018814463	0,413145847	42,419
5	0,021035209	0,486355398	49,716
6	0,023042917	0,550432121	56,079
7	0,024889195	0,606515328	61,631
8	0,026607669	0,655602203	66,477
9	0,028221694	0,698565532	70,707
10	0,029748278	0,736169223	74,402
11	0,031200257	0,769081886	77,629
12	0,032587606	0,797888722	80,448
13	0,033918255	0,823101931	82,910
14	0,035198637	0,845169813	85,062
15	0,036434051	0,864484746	86,942
16	0,037628926	0,881390157	88,585
17	0,038787009	0,896186633	90,021
18	0,039911503	0,909137262	91,276
19	0,041005171	0,92047231	92,373
20	0,042070418	0,930393321	93,332
21	0,04310935	0,939076695	94,170
22	0,044123827	0,946676825	94,903
23	0,045115497	0,953328845	95,543
24	0,046085834	0,959151031	96,103
25	0,047036157	0,964246905	96,593
26	0,047967657	0,968707073	97,021
27	0,048881408	0,972610839	97,395
28	0,04977839	0,976027613	97,722

Lampiran 3-P

Perubahan tegangan lapisan tanah H = 6,5 m

Tegangan	H	Z	Po'	σ1'	σ2'	σ3'	σ4'	σ5'	σ6'	σ7'	σ8'	σ9'	σ10'	σ11'	σ12'	σ13'	σ14'	σ15'	σ16'	σ17'	σ18'	σ19'	σ20'
0-1 m	1	0,5	0,362	1,262	2,162	3,061	3,961	4,861	5,760	6,658	7,556	8,454	9,351	10,246	11,141	12,035	12,928	13,819	14,710	15,598	16,486	17,372	18,256
1-2 m	1	1,5	1,085	1,985	2,884	3,784	4,683	5,581	6,479	7,376	8,273	9,168	10,063	10,956	11,848	12,739	13,628	14,516	15,403	16,288	17,171	18,052	18,932
2-3 m	1	2,5	1,808	2,708	3,606	4,505	5,402	6,299	7,195	8,090	8,984	9,877	10,768	11,658	12,547	13,434	14,319	15,203	16,085	16,965	17,844	18,720	19,595
3-4 m	1	3,5	2,532	3,430	4,327	5,223	6,119	7,013	7,907	8,798	9,689	10,578	11,466	12,352	13,236	14,118	14,999	15,878	16,755	17,630	18,503	19,374	20,243
4-5 m	1	4,5	3,286	4,182	5,077	5,971	6,863	7,754	8,644	9,531	10,418	11,302	12,185	13,066	13,945	14,823	15,698	16,571	17,442	18,311	19,178	20,043	20,906
5-6 m	1	5,5	4,071	4,964	5,856	6,746	7,634	8,521	9,405	10,289	11,170	12,049	12,926	13,802	14,675	15,546	16,415	17,282	18,147	19,009	19,870	20,728	21,584
6-7 m	1	6,5	4,857	5,745	6,632	7,517	8,400	9,282	10,161	11,038	11,913	12,788	13,657	14,526	15,393	16,257	17,119	17,979	18,837	19,692	20,546	21,397	22,246
7-8 m	1	7,5	5,642	6,525	7,406	8,285	9,162	10,037	10,910	11,780	12,649	13,515	14,378	15,240	16,099	16,956	17,811	18,663	19,513	20,361	21,207	22,050	22,892
8-9 m	1	8,5	6,428	7,304	8,178	9,050	9,920	10,787	11,652	12,515	13,376	14,234	15,090	15,943	16,795	17,644	18,490	19,335	20,177	21,017	21,854	22,690	23,523
9-10 m	1	9,5	7,213	8,082	8,948	9,811	10,673	11,532	12,389	13,243	14,095	14,945	15,792	16,637	17,480	18,320	19,158	19,994	20,828	21,659	22,488	23,315	24,140
10-11 m	1	10,5	7,181	8,041	8,898	9,752	10,604	11,454	12,302	13,147	13,990	14,830	15,668	16,504	17,338	18,169	18,998	19,825	20,650	21,472	22,293	23,111	23,927
11-12 m	1	11,5	7,903	8,752	9,599	10,443	11,286	12,126	12,963	13,798	14,631	15,462	16,291	17,117	17,941	18,763	19,582	20,400	21,215	22,029	22,840	23,649	24,456
12-13 m	1	12,5	8,624	9,463	10,299	11,132	11,964	12,793	13,620	14,445	15,267	16,088	16,906	17,722	18,536	19,348	20,158	20,966	21,772	22,576	23,378	24,178	24,976
13-14 m	1	13,5	9,346	10,172	10,997	11,819	12,639	13,457	14,273	15,086	15,898	16,708	17,516	18,321	19,125	19,927	20,727	21,525	22,321	23,115	23,908	24,698	25,487
14-15 m	1	14,5	9,365	10,179	10,991	11,801	12,609	13,415	14,220	15,022	15,823	16,621	17,418	18,213	19,006	19,798	20,587	21,375	22,161	22,946	23,729	24,510	25,289
15-16 m	1	15,5	10,126	10,926	11,725	12,523	13,319	14,113	14,905	15,696	16,485	17,272	18,058	18,842	19,624	20,405	21,184	21,962	22,738	23,512	24,285	25,056	25,826

Lampiran 3-Q

Perubahan tegangan lapisan tanah, $U < 100\%$ $H = 6,5$ m

Perubahan Tegangan	Po'	ΔP1'	ΔP2'	ΔP3'	ΔP4'	ΔP5'	ΔP6'	ΔP7'	ΔP8'	ΔP9'	ΔP10'	ΔP11'	ΔP12'	ΔP13'	ΔP14'	ΔP15'	ΔP16'	ΔP17'	ΔP18'	ΔP19'	ΔP20'	1σ'	2σ'
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2		
Tinggi penimbunan	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m	H = 2.5 m	H = 3 m	H = 3.5 m	H = 4 m	H = 4.5 m	H = 5 m	H = 5.5 m	H = 6 m	H = 6.5 m	H = 7 m	H = 7.5 m	H = 8 m	H = 8.5 m	H = 9 m	H = 9.5 m	H = 10 m		
Umur timbunan	-	27 minggu	26 minggu	25 minggu	24 minggu	23 minggu	22 minggu	21 minggu	20 minggu	19 minggu	18 minggu	17 minggu	16 minggu	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu		
U (%)	100	97,395	97,021	96,593	96,103	95,543	94,903	94,170	93,332	92,373	91,276	90,021	88,585	86,942	85,062	82,910	80,448	77,629	74,402	70,707	66,477	t/m2	kg/cm2
Kedalaman																							
0-1 m	0,362	0,8596	0,8656	0,8638	0,8601	0,8553	0,8495	0,8426	0,8346	0,8254	0,8148	0,8027	0,7889	0,7732	0,7553	0,7349	0,7118	0,6854	0,6555	0,6216	0,5830	15,945	1,594522
1-2 m	1,085	0,8689	0,8677	0,8645	0,8602	0,8550	0,8488	0,8416	0,8333	0,8239	0,8130	0,8007	0,7867	0,7708	0,7527	0,7322	0,7090	0,6826	0,6527	0,6187	0,5802	16,648	1,664846
2-3 m	1,808	0,8710	0,8682	0,8643	0,8595	0,8539	0,8474	0,8399	0,8313	0,8216	0,8105	0,7980	0,7838	0,7677	0,7495	0,7290	0,7056	0,6793	0,6493	0,6154	0,5770	17,331	1,733053
3-4 m	2,532	0,8710	0,8675	0,8631	0,8579	0,8519	0,8450	0,8373	0,8285	0,8185	0,8072	0,7945	0,7802	0,7640	0,7457	0,7251	0,7017	0,6754	0,6455	0,6117	0,5734	17,997	1,799669
4-5 m	3,286	0,8698	0,8656	0,8608	0,8553	0,8490	0,8418	0,8338	0,8247	0,8146	0,8031	0,7903	0,7758	0,7596	0,7412	0,7206	0,6973	0,6710	0,6412	0,6076	0,5695	18,679	1,867865
5-6 m	4,071	0,8673	0,8627	0,8575	0,8516	0,8450	0,8376	0,8294	0,8202	0,8098	0,7983	0,7853	0,7708	0,7545	0,7362	0,7156	0,6923	0,6661	0,6365	0,6031	0,5652	19,376	1,937638
6-7 m	4,857	0,8635	0,8585	0,8530	0,8469	0,8401	0,8325	0,8241	0,8147	0,8043	0,7926	0,7796	0,7651	0,7488	0,7305	0,7100	0,6869	0,6608	0,6314	0,5982	0,5606	20,059	2,005891
7-8 m	5,642	0,8584	0,8532	0,8474	0,8411	0,8341	0,8264	0,8179	0,8084	0,7979	0,7863	0,7733	0,7588	0,7425	0,7243	0,7039	0,6809	0,6551	0,6259	0,5929	0,5557	20,727	2,072676
8-9 m	6,428	0,8520	0,8466	0,8407	0,8343	0,8272	0,8194	0,8108	0,8013	0,7909	0,7792	0,7663	0,7518	0,7357	0,7176	0,6974	0,6746	0,6490	0,6201	0,5874	0,5505	21,381	2,138007
9-10 m	7,213	0,8445	0,8390	0,8330	0,8265	0,8194	0,8116	0,8030	0,7935	0,7831	0,7715	0,7587	0,7444	0,7284	0,7105	0,6904	0,6679	0,6425	0,6139	0,5816	0,5451	22,022	2,202273
10-11 m	7,181	0,8357	0,8302	0,8242	0,8177	0,8106	0,8028	0,7943	0,7850	0,7746	0,7632	0,7505	0,7363	0,7205	0,7029	0,6830	0,6608	0,6357	0,6074	0,5755	0,5394	21,832	2,183161
11-12 m	7,903	0,8260	0,8205	0,8146	0,8082	0,8012	0,7935	0,7851	0,7759	0,7657	0,7545	0,7419	0,7280	0,7124	0,6950	0,6754	0,6535	0,6287	0,6008	0,5693	0,5336	22,387	2,238662
12-13 m	8,624	0,8154	0,8100	0,8042	0,7979	0,7911	0,7836	0,7754	0,7663	0,7563	0,7453	0,7330	0,7193	0,7040	0,6868	0,6676	0,6459	0,6215	0,5940	0,5629	0,5277	22,932	2,293246
13-14 m	9,346	0,8039	0,7988	0,7932	0,7871	0,7804	0,7731	0,7651	0,7563	0,7466	0,7357	0,7237	0,7103	0,6952	0,6784	0,6595	0,6382	0,6141	0,5870	0,5564	0,5216	23,470	2,347047
14-15 m	9,365	0,7918	0,7868	0,7815	0,7756	0,7692	0,7622	0,7544	0,7459	0,7364	0,7258	0,7141	0,7009	0,6862	0,6697	0,6511	0,6302	0,6066	0,5799	0,5496	0,5154	23,299	2,32985
15-16 m	10,126	0,7791	0,7745	0,7694	0,7638	0,7577	0,7509	0,7435	0,7352	0,7260	0,7157	0,7043	0,6915	0,6771	0,6609	0,6427	0,6221	0,5989	0,5727	0,5429	0,5092	23,864	2,386367

Lampiran 3-R

Perubahan Cu H = 6,5 m

Kedalaman	PI (%)	Cu lama (kg/cm2)	Cu lama (t/m2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (t/m2)	Cu pakai (t/m2)
0-1 m	44,191	0,08	0,78	0,26	2,64	2,64
1-2 m	44,191	0,08	0,78	0,27	2,72	2,72
2-3 m	44,191	0,08	0,78	0,28	2,80	2,80
3-4 m	44,191	0,08	0,78	0,29	2,88	2,88
4-5 m	44,191	0,08	0,78	0,30	2,96	2,96
5-6 m	44,191	0,08	0,78	0,30	3,05	3,05
6-7 m	44,191	0,08	0,78	0,31	3,13	3,13
7-8 m	44,191	0,08	0,78	0,32	3,21	3,21
8-9 m	44,191	0,08	0,78	0,33	3,29	3,29
9-10 m	44,191	0,08	0,78	0,34	3,36	3,36
10- 11 m	44,191	0,08	0,78	0,33	3,34	3,34
11-12 m	44,191	0,08	0,78	0,34	3,41	3,41
12-13 m	44,191	0,08	0,78	0,35	3,47	3,47
13-14 m	44,191	0,08	0,78	0,35	3,53	3,53
14-15 m	41,373	0,08	0,78	0,36	3,62	3,62
15-16 m	41,373	0,08	0,78	0,37	3,69	3,69

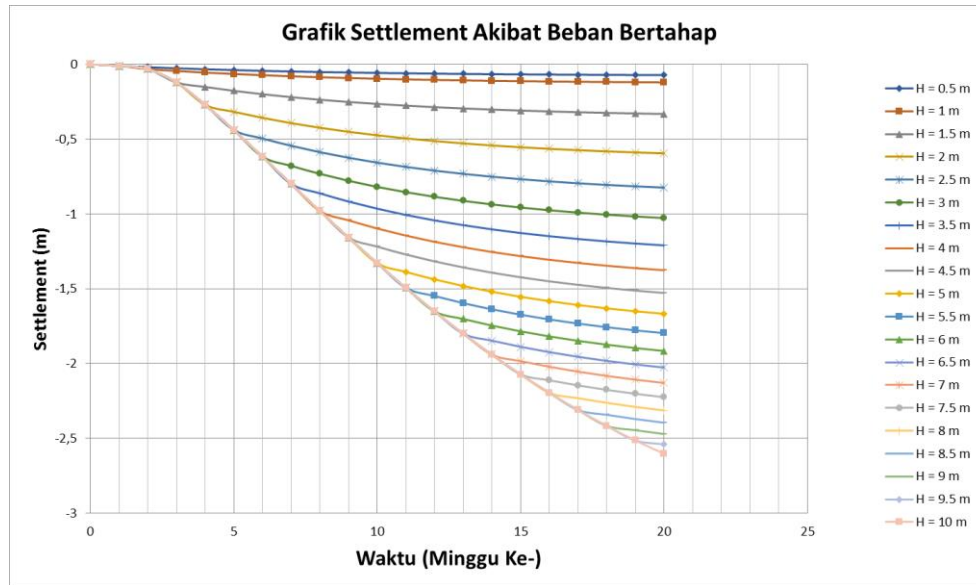
Lampiran 3-S

Perhitungan akibat $\Delta p_1 - \Delta p_{20}$

Perhitungan	Rumus	Sc	Sc kum
ΔP_1	1	0,0768	0,0768
ΔP_2	1	0,0522	0,1290
ΔP_3	2	0,2261	0,3551
ΔP_4	3	0,2820	0,6371
ΔP_5	3	0,2455	0,8826
ΔP_6	3	0,2179	1,1005
ΔP_7	3	0,1960	1,2965
ΔP_8	3	0,1779	1,4744
ΔP_9	3	0,1627	1,6371
ΔP_{10}	3	0,1496	1,7867
ΔP_{11}	3	0,1381	1,9248
ΔP_{12}	3	0,1279	2,0527
ΔP_{13}	3	0,1186	2,1714
ΔP_{14}	3	0,1102	2,2816
ΔP_{15}	3	0,1023	2,3838
ΔP_{16}	3	0,0949	2,4787
ΔP_{17}	3	0,0878	2,5665
ΔP_{18}	3	0,0809	2,6474
ΔP_{19}	3	0,0742	2,7215
ΔP_{20}	3	0,0674	2,7890

Lampiran 3-T

Grafik Settlement akibat beban bertahap $H = 6,5$ m



Lampiran 3-U

U total untuk penimbunan bertahap $H = 7,5 \text{ m}$

Minggu	Uv	Uh	U total (%)
1	0,009407231	0,124749141	13,298
2	0,013303834	0,233935934	24,413
3	0,016293803	0,329501768	34,043
4	0,018814463	0,413145847	42,419
5	0,021035209	0,486355398	49,716
6	0,023042917	0,550432121	56,079
7	0,024889195	0,606515328	61,631
8	0,026607669	0,655602203	66,477
9	0,028221694	0,698565532	70,707
10	0,029748278	0,736169223	74,402
11	0,031200257	0,769081886	77,629
12	0,032587606	0,797888722	80,448
13	0,033918255	0,823101931	82,910
14	0,035198637	0,845169813	85,062
15	0,036434051	0,864484746	86,942
16	0,037628926	0,881390157	88,585
17	0,038787009	0,896186633	90,021
18	0,039911503	0,909137262	91,276
19	0,041005171	0,92047231	92,373
20	0,042070418	0,930393321	93,332
21	0,04310935	0,939076695	94,170
22	0,044123827	0,946676825	94,903
23	0,045115497	0,953328845	95,543
24	0,046085834	0,959151031	96,103
25	0,047036157	0,964246905	96,593
26	0,047967657	0,968707073	97,021
27	0,048881408	0,972610839	97,395
28	0,04977839	0,976027613	97,722

Lampiran 3-V

Perubahan Tegangan lapisan tanah, H = 7,5 m

Tegangan	H	Z	σ_0'	σ_1'	σ_2'	σ_3'	σ_4'	σ_5'	σ_6'	σ_7'	σ_8'	σ_9'	σ_{10}'	σ_{11}'	σ_{12}'	σ_{13}'	σ_{14}'	σ_{15}'	σ_{16}'	σ_{17}'	σ_{18}'	σ_{19}'	σ_{20}'	σ_{21}'	σ_{22}'
0-1 m	1	0,5	0,362	1,262	2,162	3,061	3,961	4,861	5,760	6,658	7,556	8,454	9,351	10,248	11,141	12,035	12,928	13,819	14,710	15,598	16,486	17,372	18,256	19,139	20,020
1-2 m	1	1,5	1,085	1,985	2,884	3,784	4,683	5,581	6,479	7,376	8,273	9,168	10,063	10,956	11,848	12,739	13,628	14,516	15,403	16,289	17,171	18,052	18,932	19,810	20,686
2-3 m	1	2,5	1,808	2,708	3,606	4,505	5,402	6,299	7,195	8,090	8,984	9,877	10,768	11,658	12,547	13,434	14,319	15,203	16,085	16,965	17,844	18,720	19,595	20,468	21,339
3-4 m	1	3,5	2,532	3,430	4,327	5,223	6,119	7,013	7,907	8,798	9,689	10,578	11,466	12,352	13,236	14,118	14,999	15,878	16,755	17,630	18,503	19,374	20,243	21,110	21,975
4-5 m	1	4,5	3,286	4,182	5,077	5,971	6,863	7,754	8,644	9,531	10,418	11,302	12,185	13,066	13,945	14,823	15,698	16,571	17,442	18,311	19,178	20,043	20,906	21,767	22,625
5-6 m	1	5,5	4,071	4,964	5,856	6,746	7,634	8,521	9,405	10,289	11,170	12,049	12,926	13,802	14,675	15,546	16,415	17,282	18,147	19,009	19,870	20,728	21,584	22,438	23,289
6-7 m	1	6,5	4,857	5,745	6,632	7,517	8,400	9,282	10,161	11,038	11,913	12,786	13,657	14,526	15,393	16,257	17,119	17,979	18,837	19,692	20,546	21,397	22,246	23,092	23,937
7-8 m	1	7,5	5,642	6,525	7,406	8,285	9,162	10,037	10,910	11,780	12,649	13,515	14,378	15,240	16,099	16,956	17,811	18,663	19,513	20,361	21,207	22,050	22,892	23,731	24,567
8-9 m	1	8,5	6,428	7,304	8,178	9,050	9,920	10,787	11,652	12,515	13,376	14,234	15,090	15,943	16,795	17,644	18,490	19,335	20,177	21,017	21,854	22,690	23,523	24,354	25,183
9-10 m	1	9,5	7,213	8,082	8,948	9,811	10,673	11,532	12,389	13,243	14,095	14,945	15,792	16,637	17,480	18,320	19,158	19,994	20,828	21,659	22,488	23,315	24,140	24,963	25,783
10-11 m	1	10,5	7,181	8,041	8,898	9,752	10,604	11,454	12,302	13,147	13,990	14,830	15,668	16,504	17,338	18,169	18,998	19,825	20,650	21,472	22,293	23,111	23,927	24,741	25,553
11-12 m	1	11,5	7,903	8,752	9,599	10,443	11,286	12,126	12,963	13,798	14,631	15,462	16,291	17,117	17,941	18,763	19,582	20,400	21,215	22,029	22,840	23,649	24,456	25,262	26,065
12-13 m	1	12,5	8,624	9,463	10,299	11,132	11,964	12,793	13,620	14,445	15,267	16,088	16,906	17,722	18,536	19,348	20,158	20,966	21,772	22,576	23,378	24,178	24,976	25,772	26,567
13-14 m	1	13,5	9,346	10,172	10,997	11,819	12,639	13,457	14,273	15,086	15,898	16,708	17,516	18,321	19,125	19,927	20,727	21,525	22,321	23,115	23,908	24,698	25,487	26,274	27,060
14-15 m	1	14,5	9,365	10,179	10,991	11,801	12,609	13,415	14,220	15,022	15,823	16,621	17,418	18,213	19,006	19,798	20,587	21,375	22,161	22,945	23,729	24,510	25,289	26,067	26,843
15-16 m	1	15,5	10,126	10,926	11,725	12,523	13,319	14,113	14,905	15,696	16,485	17,272	18,058	18,842	19,624	20,405	21,184	21,962	22,738	23,512	24,285	25,056	25,826	26,595	27,362

Lampiran 3-W

Perubahan tegangan lapisan tanah $U < 100\%$ $H = 7,5$ m

Perubahan Tegangan	$\Delta p_0'$	$\Delta p_1'$	$\Delta p_2'$	$\Delta p_3'$	$\Delta p_4'$	$\Delta p_5'$	$\Delta p_6'$	$\Delta p_7'$	$\Delta p_8'$	$\Delta p_9'$	$\Delta p_{10}'$	$\Delta p_{11}'$	$\Delta p_{12}'$	$\Delta p_{13}'$	$\Delta p_{14}'$	$\Delta p_{15}'$	$\Delta p_{16}'$	$\Delta p_{17}'$	$\Delta p_{18}'$	$\Delta p_{19}'$	$\Delta p_{20}'$	$\Delta p_{21}'$	$\Delta p_{22}'$	$\Sigma \sigma'$	$\Sigma \sigma'$
	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²	t/m ²		
Tinggi perimbunan	H = 0 m	H = 0.5 m	H = 1 m	H = 1.5 m	H = 2 m	H = 2.5 m	H = 3 m	H = 3.5 m	H = 4 m	H = 4.5 m	H = 5 m	H = 5.5 m	H = 6 m	H = 6.5 m	H = 7 m	H = 7.5 m	H = 8 m	H = 8.5 m	H = 9 m	H = 9.5 m	H = 10 m	H = 10.5 m	H = 11 m		
Umur timbunan	-	27 minggu	25 minggu	24 minggu	23 minggu	22 minggu	21 minggu	20 minggu	19 minggu	18 minggu	17 minggu	16 minggu	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu			
U (%)	100	97.395	97.021	96.593	96.103	95.543	94.903	94.170	93.332	92.373	91.276	90.021	88.585	86.942	85.062	82.910	80.448	77.629	74.402	70.707	66.477	61.631	56.079	t/m ²	kg/cm ²
Kedalaman																									
0-1 m	0,362	0,8596	0,8656	0,8638	0,8601	0,8553	0,8495	0,8426	0,8346	0,8254	0,8148	0,8027	0,7889	0,7732	0,7553	0,7349	0,7118	0,6854	0,6555	0,6216	0,5830	0,5391	0,4892	16,973	1,697946
1-2 m	1,085	0,8689	0,8677	0,8645	0,8602	0,8550	0,8488	0,8416	0,8333	0,8239	0,8130	0,8007	0,7867	0,7708	0,7527	0,7322	0,7090	0,6826	0,6527	0,6187	0,5802	0,5364	0,4867	17,672	1,767156
2-3 m	1,808	0,8710	0,8682	0,8643	0,8595	0,8539	0,8474	0,8399	0,8313	0,8216	0,8105	0,7980	0,7838	0,7677	0,7495	0,7290	0,7056	0,6793	0,6493	0,6154	0,5770	0,5334	0,4839	18,348	1,834781
3-4 m	2,532	0,8710	0,8675	0,8631	0,8579	0,8519	0,8450	0,8373	0,8285	0,8185	0,8072	0,7945	0,7802	0,7640	0,7457	0,7251	0,7017	0,6754	0,6455	0,6117	0,5734	0,5300	0,4808	19,007	1,900748
4-5 m	3,286	0,8698	0,8656	0,8608	0,8553	0,8490	0,8418	0,8338	0,8247	0,8146	0,8031	0,7903	0,7758	0,7596	0,7412	0,7206	0,6973	0,6710	0,6412	0,6076	0,5695	0,5263	0,4774	19,682	1,968295
5-6 m	4,071	0,8673	0,8627	0,8575	0,8516	0,8450	0,8376	0,8294	0,8202	0,8098	0,7983	0,7853	0,7708	0,7545	0,7362	0,7156	0,6923	0,6661	0,6365	0,6031	0,5652	0,5223	0,4737	20,372	2,037243
6-7 m	4,857	0,8635	0,8585	0,8530	0,8469	0,8401	0,8325	0,8241	0,8147	0,8043	0,7926	0,7796	0,7651	0,7488	0,7305	0,7100	0,6869	0,6608	0,6314	0,5982	0,5606	0,5180	0,4698	21,047	2,104678
7-8 m	5,642	0,8594	0,8532	0,8474	0,8411	0,8341	0,8264	0,8179	0,8084	0,7979	0,7863	0,7733	0,7588	0,7425	0,7243	0,7039	0,6809	0,6551	0,6259	0,5929	0,5557	0,5135	0,4657	21,706	2,170584
8-9 m	6,428	0,8520	0,8466	0,8407	0,8343	0,8272	0,8194	0,8108	0,8013	0,7909	0,7792	0,7663	0,7518	0,7357	0,7176	0,6974	0,6746	0,6490	0,6201	0,5874	0,5505	0,5087	0,4614	22,351	2,235084
9-10 m	7,213	0,8445	0,8390	0,8330	0,8265	0,8194	0,8116	0,8030	0,7935	0,7831	0,7715	0,7587	0,7444	0,7284	0,7105	0,6904	0,6679	0,6425	0,6139	0,5816	0,5451	0,5038	0,4569	22,982	2,298242
10-11 m	7,981	0,8357	0,8302	0,8242	0,8177	0,8106	0,8028	0,7943	0,7850	0,7746	0,7632	0,7505	0,7363	0,7205	0,7029	0,6830	0,6608	0,6357	0,6074	0,5755	0,5394	0,4985	0,4522	22,782	2,278231
11-12 m	7,903	0,8260	0,8205	0,8146	0,8082	0,8012	0,7935	0,7851	0,7759	0,7657	0,7545	0,7419	0,7280	0,7124	0,6950	0,6754	0,6535	0,6287	0,6008	0,5693	0,5336	0,4932	0,4474	23,327	2,332726
12-13 m	8,624	0,8154	0,8100	0,8042	0,7979	0,7911	0,7836	0,7754	0,7663	0,7563	0,7453	0,7330	0,7193	0,7040	0,6868	0,6676	0,6459	0,6215	0,5940	0,5629	0,5277	0,4878	0,4426	23,863	2,386281
13-14 m	9,346	0,8039	0,7988	0,7932	0,7871	0,7804	0,7731	0,7651	0,7563	0,7466	0,7357	0,7237	0,7103	0,6952	0,6784	0,6595	0,6382	0,6141	0,5870	0,5564	0,5216	0,4823	0,4376	24,398	2,439304
14-15 m	9,365	0,7918	0,7868	0,7815	0,7756	0,7692	0,7622	0,7544	0,7459	0,7364	0,7258	0,7141	0,7009	0,6862	0,6697	0,6511	0,6302	0,6066	0,5799	0,5496	0,5154	0,4766	0,4325	24,208	2,420759
15-16 m	10,126	0,7791	0,7745	0,7694	0,7638	0,7577	0,7509	0,7435	0,7352	0,7260	0,7157	0,7043	0,6915	0,6771	0,6609	0,6427	0,6221	0,5989	0,5727	0,5429	0,5092	0,4709	0,4274	24,762	2,476202

Lampiran 3-X

Perubahan Cu H = 7,5 m

Kedalaman	PI (%)	Cu lama (kg/cm2)	Cu lama (t/m2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (t/m2)	Cu pakai (t/m2)
0-1 m	44,191	0,08	0,78	0,28	2,76	2,76
1-2 m	44,191	0,08	0,78	0,28	2,84	2,84
2-3 m	44,191	0,08	0,78	0,29	2,92	2,92
3-4 m	44,191	0,08	0,78	0,30	3,00	3,00
4-5 m	44,191	0,08	0,78	0,31	3,08	3,08
5-6 m	44,191	0,08	0,78	0,32	3,17	3,17
6-7 m	44,191	0,08	0,78	0,32	3,25	3,25
7-8 m	44,191	0,08	0,78	0,33	3,32	3,32
8-9 m	44,191	0,08	0,78	0,34	3,40	3,40
9-10 m	44,191	0,08	0,78	0,35	3,48	3,48
10- 11 m	44,191	0,08	0,78	0,35	3,45	3,45
11-12 m	44,191	0,08	0,78	0,35	3,52	3,52
12-13 m	44,191	0,08	0,78	0,36	3,58	3,58
13-14 m	44,191	0,08	0,78	0,36	3,64	3,64
14-15 m	41,373	0,08	0,78	0,37	3,73	3,73
15-16 m	41,373	0,08	0,78	0,38	3,80	3,80

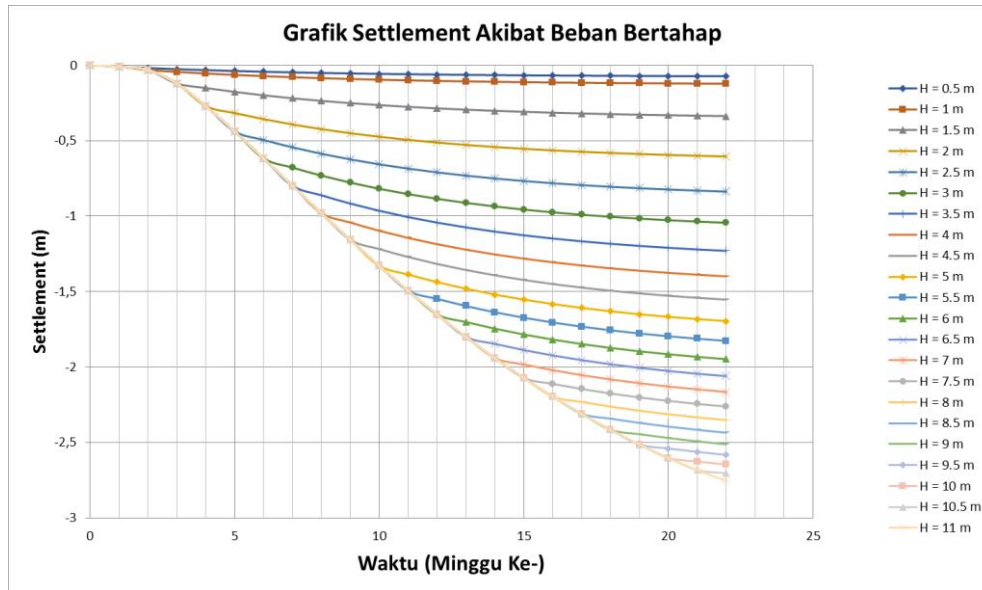
Lampiran 3-Y

Perhitungan akibat $\Delta p_1 - \Delta p_{22}$

Perhitungan	Rumus	Sc	Sc kum
ΔP_1	1	0,0768	0,0768
ΔP_2	1	0,0522	0,1290
ΔP_3	2	0,2261	0,3551
ΔP_4	3	0,2820	0,6371
ΔP_5	3	0,2455	0,8826
ΔP_6	3	0,2179	1,1005
ΔP_7	3	0,1960	1,2965
ΔP_8	3	0,1779	1,4744
ΔP_9	3	0,1627	1,6371
ΔP_{10}	3	0,1496	1,7867
ΔP_{11}	3	0,1381	1,9248
ΔP_{12}	3	0,1279	2,0527
ΔP_{13}	3	0,1186	2,1714
ΔP_{14}	3	0,1102	2,2816
ΔP_{15}	3	0,1023	2,3838
ΔP_{16}	3	0,0949	2,4787
ΔP_{17}	3	0,0878	2,5665
ΔP_{18}	3	0,0809	2,6474
ΔP_{19}	3	0,0742	2,7215
ΔP_{20}	3	0,0674	2,7890
ΔP_{21}	3	0,0607	2,8497
ΔP_{22}	3	0,0537	2,9034

Lampiran 3-Z

Grafik settlement akibat beban bertahap $H = 7,5$ m



Lampiran 3-AA

U total untuk penimbunan bertahap $H = 8,5 \text{ m}$

Minggu	Uv	Uh	U total (%)
1	0,009407231	0,124749141	13,298
2	0,013303834	0,233935934	24,413
3	0,016293803	0,329501768	34,043
4	0,018814463	0,413145847	42,419
5	0,021035209	0,486355398	49,716
6	0,023042917	0,550432121	56,079
7	0,024889195	0,606515328	61,631
8	0,026607669	0,655602203	66,477
9	0,028221694	0,698565532	70,707
10	0,029748278	0,736169223	74,402
11	0,031200257	0,769081886	77,629
12	0,032587606	0,797888722	80,448
13	0,033918255	0,823101931	82,910
14	0,035198637	0,845169813	85,062
15	0,036434051	0,864484746	86,942
16	0,037628926	0,881390157	88,585
17	0,038787009	0,896186633	90,021
18	0,039911503	0,909137262	91,276
19	0,041005171	0,92047231	92,373
20	0,042070418	0,930393321	93,332
21	0,04310935	0,939076695	94,170
22	0,044123827	0,946676825	94,903
23	0,045115497	0,953328845	95,543
24	0,046085834	0,959151031	96,103
25	0,047036157	0,964246905	96,593
26	0,047967657	0,968707073	97,021
27	0,048881408	0,972610839	97,395
28	0,04977839	0,976027613	97,722

Lampiran 3-AB

Perubahan Tegangan lapisan tanah, H = 7,5 m

Tegangan	H	Z	σ_0	σ_1'	σ_2	σ_3'	σ_4'	σ_5'	σ_6'	σ_7'	σ_8'	σ_9'	σ_{10}'	σ_{11}'	σ_{12}'	σ_{13}'	σ_{14}'	σ_{15}'	σ_{16}'	σ_{17}'	σ_{18}'	σ_{19}'	σ_{20}'	σ_{21}'	σ_{22}'	σ_{23}'	σ_{24}'	σ_{25}'
10-1m	1	0,5	0,511	1,411	2,311	3,211	4,111	5,010	5,910	6,810	7,710	8,609	9,508	10,406	11,304	12,201	13,097	13,992	14,885	15,776	16,664	17,549	18,431	19,309	20,182	21,051	21,914	22,774
21-2m	1	1,5	1,532	2,432	3,332	4,232	5,132	6,031	6,931	7,830	8,730	9,628	10,526	11,424	12,321	13,216	14,111	15,003	15,893	16,781	17,665	18,545	19,422	20,293	21,160	22,021	22,875	23,725
32-3m	1	2,5	2,553	3,453	4,353	5,253	6,152	7,052	7,951	8,850	9,749	10,647	11,544	12,440	13,335	14,229	15,121	16,011	16,898	17,781	18,661	19,536	20,406	21,271	22,129	22,981	23,825	24,665
43-4m	1	3,5	3,574	4,474	5,374	6,274	7,173	8,072	8,971	9,869	10,767	11,663	12,559	13,454	14,347	15,239	16,128	17,014	17,897	18,776	19,651	20,520	21,384	22,240	23,089	23,932	24,766	25,595
54-5m	1	4,5	4,596	5,495	6,395	7,294	8,193	9,091	9,989	10,887	11,783	12,679	13,573	14,466	15,356	16,245	17,131	18,014	18,892	19,766	20,635	21,497	22,353	23,201	24,042	24,874	25,696	26,513
65-6m	1	5,5	5,617	6,516	7,415	8,314	9,212	10,110	11,007	11,903	12,798	13,692	14,584	15,475	16,363	17,248	18,130	19,008	19,882	20,751	21,612	22,467	23,316	24,154	24,985	25,806	26,617	27,421
76-7m	1	6,5	6,638	7,537	8,436	9,334	10,231	11,128	12,023	12,918	13,811	14,703	15,593	16,481	17,366	18,247	19,123	19,998	20,867	21,729	22,584	23,430	24,270	25,099	25,919	26,729	27,528	28,319
87-8m	1	7,5	7,660	8,558	9,456	10,353	11,249	12,144	13,039	13,932	14,823	15,712	16,599	17,484	18,365	19,242	20,116	20,984	21,846	22,701	23,548	24,387	25,217	26,036	26,845	27,644	28,429	29,208
98-9m	1	8,5	8,681	9,578	10,475	11,371	12,266	13,160	14,053	14,943	15,832	16,719	17,603	18,484	19,361	20,234	21,101	21,964	22,819	23,667	24,506	25,336	26,157	26,965	27,763	28,549	29,322	30,087
109-10m	1	9,5	9,702	10,599	11,494	12,389	13,282	14,175	15,065	15,953	16,840	17,723	18,603	19,480	20,353	21,221	22,083	22,939	23,787	24,627	25,458	26,278	27,089	27,887	28,673	29,447	30,206	30,958
110-11m	1	10,5	10,078	10,973	11,868	12,761	13,652	14,542	15,430	16,316	17,199	18,079	18,955	19,828	20,695	21,558	22,414	23,263	24,104	24,936	25,759	26,568	27,369	28,155	28,930	29,691	30,437	31,176
1211-12m	1	11,5	10,880	11,773	12,616	13,507	14,397	15,284	16,170	17,052	17,932	18,808	19,680	20,548	21,410	22,266	23,115	23,958	24,791	25,615	26,427	27,227	28,018	28,793	29,553	30,304	31,037	31,762
1312-13m	1	12,5	11,581	12,473	13,364	14,253	15,141	16,025	16,908	17,787	18,663	19,535	20,402	21,264	22,121	22,971	23,814	24,648	25,473	26,287	27,091	27,881	28,660	29,424	30,174	30,910	31,630	32,341
1413-14m	1	13,5	12,333	13,223	14,112	14,999	15,883	16,765	17,644	18,519	19,391	20,259	21,121	21,978	22,828	23,671	24,507	25,333	26,150	26,955	27,748	28,528	29,296	30,048	30,787	31,510	32,216	32,914
1514-15m	1	14,5	12,653	13,551	14,438	15,322	16,203	17,082	17,957	18,829	19,696	20,558	21,415	22,266	23,110	23,946	24,774	25,592	26,400	27,194	27,979	28,749	29,506	30,246	30,972	31,683	32,376	33,061
1615-16m	1	15,5	13,323	14,209	15,093	15,974	16,852	17,727	18,599	19,466	20,328	21,185	22,037	22,881	23,718	24,547	25,367	26,177	26,976	27,762	28,536	29,294	30,040	30,769	31,483	32,181	32,861	33,533

Lampiran 3-AC

Perubahan tegangan lapisan tanah $U < 100\%$ $H = 8,5$ m

Perubahan Tegangan	OP0	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	OP12	OP13	OP14	OP15	OP16	OP17	OP18	OP19	OP20	OP21	OP22	OP23	OP24	OP25	Z ₀ '	Z ₀
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2		
Tinggi penimbunan	H=0 m	H=0.5 m	H=1 m	H=1.5 m	H=2 m	H=2.5 m	H=3 m	H=3.5 m	H=4 m	H=4.5 m	H=5 m	H=5.5 m	H=6 m	H=6.5 m	H=7 m	H=7.5 m	H=8 m	H=8.5 m	H=9 m	H=9.5 m	H=10 m	H=10.5 m	H=11 m	H=11.5 m	H=12 m	H=12.2 m		
Umur timbunan	-	25 minggu	24 minggu	23 minggu	22 minggu	21 minggu	20 minggu	19 minggu	18 minggu	17 minggu	16 minggu	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu		
U (%)	100	96,993	96,103	95,543	94,903	94,170	93,332	92,373	91,276	90,021	88,585	86,942	85,062	82,910	80,448	77,629	74,402	70,707	66,477	61,631	56,079	49,716	42,419	34,043	24,413	13,290	t/m2	kg/cm2
Kedalaman																												
0-1 m	0,511	0,8520	0,8560	0,8533	0,8485	0,8424	0,8351	0,8265	0,8166	0,8050	0,7918	0,7769	0,7590	0,7389	0,7158	0,6894	0,6591	0,6245	0,5850	0,5399	0,4894	0,4311	0,3658	0,2917	0,2076	0,1124	16,634	1,6824
1-2 m	1,532	0,8620	0,8593	0,8551	0,8497	0,8432	0,8357	0,8269	0,8167	0,8050	0,7916	0,7761	0,7584	0,7381	0,7147	0,6880	0,6575	0,6226	0,5827	0,5374	0,4868	0,4283	0,3631	0,2892	0,2056	0,1113	17,837	1,78369
2-3 m	2,553	0,8646	0,8608	0,8560	0,8503	0,8436	0,8359	0,8269	0,8166	0,8047	0,7911	0,7754	0,7574	0,7368	0,7132	0,6862	0,6554	0,6201	0,5800	0,5344	0,4837	0,4251	0,3600	0,2864	0,2033	0,1100	18,831	1,883133
3-4 m	3,574	0,8657	0,8615	0,8564	0,8505	0,8437	0,8358	0,8267	0,8162	0,8041	0,7902	0,7743	0,7561	0,7352	0,7113	0,6840	0,6528	0,6172	0,5768	0,5309	0,4802	0,4215	0,3566	0,2834	0,2009	0,1086	19,815	1,98153
4-5 m	4,596	0,8662	0,8618	0,8565	0,8505	0,8435	0,8354	0,8261	0,8154	0,8032	0,7891	0,7729	0,7544	0,7332	0,7090	0,6813	0,6498	0,6139	0,5732	0,5270	0,4762	0,4176	0,3529	0,2801	0,1983	0,1072	20,790	2,079043
5-6 m	5,617	0,8664	0,8610	0,8564	0,8502	0,8430	0,8348	0,8253	0,8144	0,8019	0,7875	0,7711	0,7523	0,7307	0,7062	0,6782	0,6463	0,6101	0,5691	0,5228	0,4720	0,4133	0,3489	0,2766	0,1956	0,1056	21,757	2,175737
6-7 m	6,638	0,8663	0,8615	0,8560	0,8496	0,8423	0,8339	0,8242	0,8130	0,8003	0,7856	0,7689	0,7497	0,7279	0,7030	0,6746	0,6424	0,6059	0,5646	0,5181	0,4673	0,4087	0,3447	0,2729	0,1927	0,1040	22,717	2,271654
7-8 m	7,660	0,8660	0,8610	0,8554	0,8488	0,8413	0,8326	0,8227	0,8113	0,7983	0,7834	0,7663	0,7468	0,7246	0,6993	0,6706	0,6381	0,6013	0,5598	0,5131	0,4624	0,4039	0,3402	0,2691	0,1898	0,1023	23,668	2,366825
8-9 m	8,681	0,8654	0,8603	0,8545	0,8477	0,8400	0,8311	0,8210	0,8093	0,7960	0,7807	0,7633	0,7435	0,7209	0,6953	0,6663	0,6334	0,5963	0,5546	0,5079	0,4572	0,3989	0,3356	0,2651	0,1867	0,1007	24,613	2,46128
9-10 m	9,702	0,8646	0,8594	0,8533	0,8464	0,8384	0,8293	0,8189	0,8069	0,7933	0,7777	0,7600	0,7398	0,7169	0,6909	0,6615	0,6284	0,5910	0,5492	0,5023	0,4518	0,3937	0,3309	0,2611	0,1837	0,0989	25,551	2,555052
10-11 m	10,078	0,8635	0,8581	0,8519	0,8447	0,8365	0,8271	0,8164	0,8042	0,7902	0,7743	0,7562	0,7357	0,7124	0,6861	0,6563	0,6229	0,5854	0,5433	0,4965	0,4461	0,3883	0,3260	0,2569	0,1805	0,0972	25,835	2,583457
11-12 m	10,830	0,8623	0,8567	0,8502	0,8428	0,8344	0,8247	0,8137	0,8011	0,7868	0,7706	0,7521	0,7312	0,7076	0,6809	0,6509	0,6172	0,5795	0,5373	0,4905	0,4403	0,3828	0,3210	0,2527	0,1774	0,0954	26,489	2,648946
12-13 m	11,581	0,8608	0,8550	0,8483	0,8406	0,8319	0,8220	0,8106	0,7977	0,7831	0,7665	0,7477	0,7264	0,7025	0,6755	0,6452	0,6112	0,5733	0,5311	0,4843	0,4343	0,3772	0,3160	0,2485	0,1742	0,0937	27,139	2,713888
13-14 m	12,333	0,8591	0,8530	0,8461	0,8382	0,8292	0,8189	0,8073	0,7940	0,7792	0,7621	0,7429	0,7213	0,6970	0,6697	0,6392	0,6050	0,5670	0,5248	0,4780	0,4283	0,3716	0,3110	0,2443	0,1711	0,0920	27,783	2,778258
14-15 m	12,663	0,8571	0,8508	0,8436	0,8354	0,8261	0,8155	0,8036	0,7900	0,7747	0,7573	0,7378	0,7159	0,6913	0,6637	0,6329	0,5986	0,5604	0,5182	0,4716	0,4222	0,3659	0,3059	0,2400	0,1675	0,0902	27,999	2,799938
15-16 m	13,323	0,8548	0,8483	0,8408	0,8324	0,8228	0,8119	0,7996	0,7857	0,7700	0,7523	0,7325	0,7102	0,6853	0,6575	0,6264	0,5920	0,5538	0,5116	0,4651	0,4163	0,3602	0,3009	0,2359	0,1648	0,0885	28,543	2,854253

Lampiran 3-AD

Perubahan Cu H = 8,5 m

Kedalaman	PI (%)	Cu lama (kg/cm2)	Cu lama (t/m2)	Cu baru (kg/m2)	Cu baru (t/m2)	Cu pakai (t/m2)
0-1 m	44,191	0,08	0,80	0,27	2,74	2,74
1-2 m	44,191	0,08	0,80	0,29	2,86	2,86
2-3 m	44,191	0,08	0,80	0,30	2,98	2,98
3-4 m	44,191	0,08	0,80	0,31	3,10	3,10
4-5 m	44,191	0,08	0,80	0,32	3,22	3,22
5-6 m	44,191	0,08	0,80	0,33	3,33	3,33
6-7 m	44,191	0,08	0,80	0,34	3,44	3,44
7-8 m	44,191	0,08	0,80	0,36	3,56	3,56
8-9 m	44,191	0,08	0,80	0,37	3,67	3,67
9-10 m	44,191	0,08	0,80	0,38	3,78	3,78
10- 11 m	44,191	0,08	0,78	0,38	3,82	3,82
11-12 m	44,191	0,08	0,78	0,39	3,89	3,89
12-13 m	44,191	0,08	0,78	0,40	3,97	3,97
13-14 m	44,191	0,08	0,78	0,40	4,05	4,05
14-15 m	41,373	0,08	0,78	0,42	4,20	4,20
15-16 m	41,373	0,08	0,78	0,43	4,27	4,27

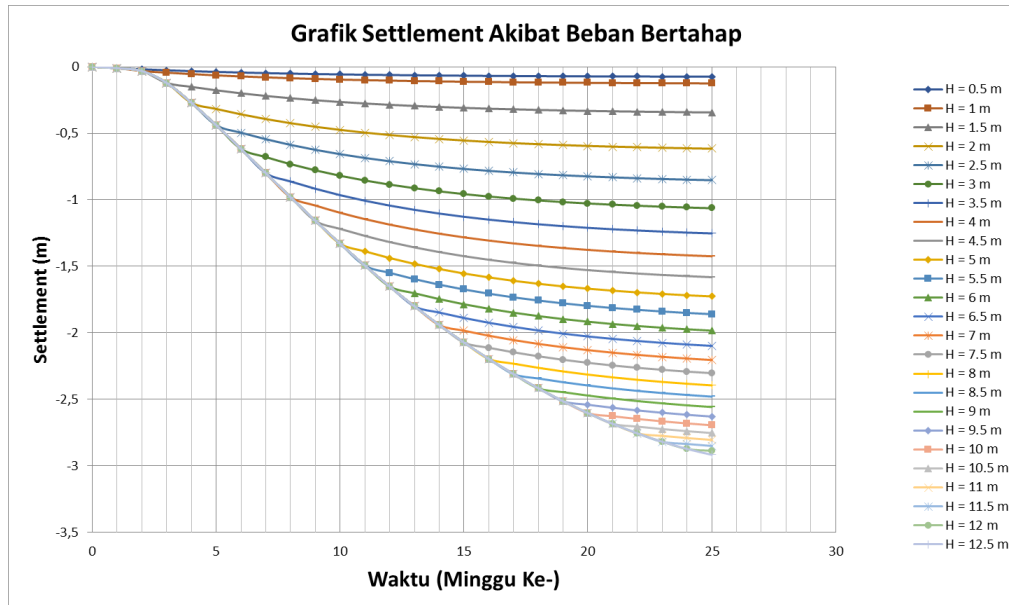
Lampiran 3-AE

Perhitungan akibat $\Delta p_1 - \Delta p_{25}$

Perhitungan	Rumus	Sc	Sc kum
ΔP_1	1	0,0768	0,0768
ΔP_2	1	0,0522	0,1290
ΔP_3	2	0,2261	0,3551
ΔP_4	3	0,2820	0,6371
ΔP_5	3	0,2455	0,8826
ΔP_6	3	0,2179	1,1005
ΔP_7	3	0,1960	1,2965
ΔP_8	3	0,1779	1,4744
ΔP_9	3	0,1627	1,6371
ΔP_{10}	3	0,1496	1,7867
ΔP_{11}	3	0,1381	1,9248
ΔP_{12}	3	0,1279	2,0527
ΔP_{13}	3	0,1186	2,1714
ΔP_{14}	3	0,1102	2,2816
ΔP_{15}	3	0,1023	2,3838
ΔP_{16}	3	0,0949	2,4787
ΔP_{17}	3	0,0878	2,5665
ΔP_{18}	3	0,0809	2,6474
ΔP_{19}	3	0,0742	2,7215
ΔP_{20}	3	0,0674	2,7890
ΔP_{21}	3	0,0607	2,8497
ΔP_{22}	3	0,0537	2,9034
ΔP_{23}	3	0,0465	2,9498
ΔP_{24}	3	0,0388	2,9886
ΔP_{25}	3	0,0306	3,0192

Lampiran 3-AF

Grafik settlement akibat beban bertahap $H = 8,5$ m



Lampiran 3-AG

U total untuk penimbunan bertahap $H = 9,5 \text{ m}$

Minggu	Uv	Uh	U total (%)
1	0,009407231	0,124749141	13,298
2	0,013303834	0,233935934	24,413
3	0,016293803	0,329501768	34,043
4	0,018814463	0,413145847	42,419
5	0,021035209	0,486355398	49,716
6	0,023042917	0,550432121	56,079
7	0,024889195	0,606515328	61,631
8	0,026607669	0,655602203	66,477
9	0,028221694	0,698565532	70,707
10	0,029748278	0,736169223	74,402
11	0,031200257	0,769081886	77,629
12	0,032587606	0,797888722	80,448
13	0,033918255	0,823101931	82,910
14	0,035198637	0,845169813	85,062
15	0,036434051	0,864484746	86,942
16	0,037628926	0,881390157	88,585
17	0,038787009	0,896186633	90,021
18	0,039911503	0,909137262	91,276
19	0,041005171	0,92047231	92,373
20	0,042070418	0,930393321	93,332
21	0,04310935	0,939076695	94,170
22	0,044123827	0,946676825	94,903
23	0,045115497	0,953328845	95,543
24	0,046085834	0,959151031	96,103
25	0,047036157	0,964246905	96,593
26	0,047967657	0,968707073	97,021
27	0,048881408	0,972610839	97,395
28	0,04977839	0,976027613	97,722

Lampiran 3-AH

Perubahan Tegangan lapisan tanah, H = 9,5 m

Tegangan	H	Z	p ₀	σ ₁ ¹	σ ₂ ²	σ ₃ ³	σ ₄ ⁴	σ ₅ ⁵	σ ₆ ⁶	σ ₇ ⁷	σ ₈ ⁸	σ ₉ ⁹	σ ₁₀ ¹⁰	σ ₁₁ ¹¹	σ ₁₂ ¹²	σ ₁₃ ¹³	σ ₁₄ ¹⁴	σ ₁₅ ¹⁵	σ ₁₆ ¹⁶	σ ₁₇ ¹⁷	σ ₁₈ ¹⁸	σ ₁₉ ¹⁹	σ ₂₀ ²⁰	σ ₂₁ ²¹	σ ₂₂ ²²	σ ₂₃ ²³	σ ₂₄ ²⁴	σ ₂₅ ²⁵	σ ₂₆ ²⁶	σ ₂₇ ²⁷
10-1 m	1	0,5	0,511	1,411	2,311	3,211	4,111	5,011	5,910	6,810	7,710	8,609	9,508	10,407	11,305	12,203	13,100	13,996	14,890	15,783	16,673	17,561	18,447	19,330	20,209	21,085	21,957	22,826	23,693	24,556
20-2 m	1	1,5	1,532	2,432	3,332	4,232	5,132	6,031	6,931	7,831	8,730	9,629	10,527	11,425	12,323	13,219	14,114	15,008	15,901	16,791	17,678	18,562	19,444	20,321	21,195	22,065	22,930	23,791	24,650	25,504
30-3 m	1	2,5	2,553	3,453	4,353	5,253	6,153	7,052	7,952	8,851	9,749	10,646	11,545	12,442	13,338	14,233	15,127	16,018	16,908	17,795	18,678	19,559	20,435	21,307	22,174	23,037	23,894	24,747	25,596	26,442
40-4 m	1	3,5	3,574	4,474	5,374	6,274	7,173	8,072	8,971	9,870	10,768	11,665	12,562	13,457	14,352	15,245	16,136	17,025	17,911	18,794	19,674	20,549	21,420	22,285	23,146	24,001	24,849	25,693	26,533	27,368
50-5 m	1	4,5	4,596	5,495	6,395	7,294	8,193	9,092	9,990	10,888	11,785	12,681	13,577	14,471	15,363	16,254	17,142	18,028	18,911	19,790	20,664	21,534	22,399	23,257	24,110	24,956	25,795	26,630	27,461	28,284
60-6 m	1	5,5	5,617	6,516	7,416	8,314	9,213	10,111	11,008	11,905	12,801	13,696	14,589	15,481	16,372	17,260	18,145	19,027	19,906	20,780	21,649	22,513	23,371	24,222	25,066	25,904	26,733	27,557	28,376	29,190
70-7 m	1	6,5	6,638	7,537	8,436	9,334	10,232	11,129	12,026	12,921	13,816	14,709	15,600	16,490	17,377	18,262	19,144	20,022	20,896	21,765	22,629	23,485	24,337	25,179	26,015	26,843	27,661	28,475	29,283	30,085
80-8 m	1	7,5	7,660	8,558	9,456	10,354	11,251	12,147	13,042	13,936	14,829	15,720	16,609	17,494	18,380	19,262	20,139	21,013	21,882	22,745	23,602	24,452	25,295	26,130	26,956	27,774	28,582	29,384	30,180	30,971
90-9 m	1	8,5	8,681	9,579	10,476	11,373	12,268	13,163	14,057	14,949	15,840	16,728	17,615	18,499	19,380	20,257	21,131	22,001	22,865	23,720	24,570	25,412	26,247	27,073	27,889	28,697	29,494	30,284	31,069	31,847
100-10 m	1	9,5	9,702	10,599	11,495	12,391	13,285	14,178	15,070	15,961	16,849	17,735	18,619	19,499	20,376	21,249	22,118	22,981	23,839	24,689	25,532	26,366	27,193	28,008	28,816	29,612	30,398	31,177	31,949	32,715
110-11 m	1	10,5	10,708	11,604	12,500	13,395	14,289	15,181	16,072	16,961	17,848	18,733	19,615	20,494	21,369	22,240	23,106	23,967	24,822	25,670	26,511	27,345	28,172	28,991	29,802	30,605	31,400	32,187	32,967	33,739
120-12 m	1	11,5	10,830	11,724	12,618	13,511	14,402	15,291	16,178	17,064	17,948	18,830	19,709	20,575	21,444	22,307	23,165	24,016	24,860	25,697	26,524	27,341	28,149	28,946	29,732	30,506	31,268	32,023	32,771	33,512
130-13 m	1	12,5	11,581	12,474	13,367	14,257	15,145	16,033	16,918	17,801	18,682	19,561	20,439	21,297	22,160	23,018	23,870	24,715	25,552	26,380	27,199	28,007	28,806	29,593	30,368	31,131	31,880	32,624	33,359	34,087
140-14 m	1	13,5	12,333	13,224	14,115	15,003	15,889	16,774	17,656	18,536	19,411	20,284	21,152	22,015	22,873	23,725	24,571	25,409	26,238	27,059	27,869	28,668	29,458	30,233	30,998	31,749	32,487	33,218	33,941	34,657
150-15 m	1	14,5	12,663	13,553	14,441	15,327	16,211	17,093	17,972	18,847	19,719	20,587	21,451	22,309	23,161	24,007	24,846	25,677	26,499	27,311	28,113	28,902	29,682	30,447	31,201	31,941	32,667	33,386	34,096	34,799
160-16 m	1	15,5	13,323	14,211	15,097	15,980	16,862	17,741	18,616	19,488	20,356	21,219	22,077	22,930	23,777	24,616	25,448	26,272	27,086	27,889	28,682	29,462	30,231	30,986	31,728	32,457	33,171	33,878	34,576	35,267

Lampiran 3-AI

Perubahan Tegangan lapisan tanah $U < 100\%$, $H = 9,5$ m

Perubahan Tegangan	U ⁰	U ¹	U ²	U ³	U ⁴	U ⁵	U ⁶	U ⁷	U ⁸	U ⁹	U ¹⁰	U ¹¹	U ¹²	U ¹³	U ¹⁴	U ¹⁵	U ¹⁶	U ¹⁷	U ¹⁸	U ¹⁹	U ²⁰	U ²¹	U ²²	U ²³	U ²⁴	U ²⁵	U ²⁶	U ²⁷	t ⁰	t ¹
	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	
Tinggi penimbunan	H=0m	H=0,5 m	H=1 m	H=1,5 m	H=2 m	H=2,5 m	H=3 m	H=3,5 m	H=4 m	H=4,5 m	H=5 m	H=5,5 m	H=6 m	H=6,5 m	H=7 m	H=7,5 m	H=8 m	H=8,5 m	H=9 m	H=9,5 m	H=10 m	H=10,5 m	H=11 m	H=11,5 m	H=12 m	H=12,5 m	H=13 m	H=13,4 m		
Umur timbunan	-	27 minggu	26 minggu	25 minggu	24 minggu	23 minggu	22 minggu	21 minggu	20 minggu	19 minggu	18 minggu	17 minggu	16 minggu	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu	10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu		
U (%)	100	97,395	97,021	96,593	96,103	95,543	94,903	94,170	93,332	92,373	91,276	90,021	88,585	86,942	85,162	82,910	80,448	77,629	74,402	70,707	66,477	61,631	56,079	49,716	42,419	34,043	24,413	13,298	t/m2	kg/cm2
Ketalaman																														
0-1 m	0,511	0,8631	0,8663	0,8642	0,8606	0,8559	0,8503	0,8437	0,8361	0,8273	0,8171	0,8054	0,7919	0,7765	0,7588	0,7384	0,7151	0,6885	0,6580	0,6231	0,5841	0,5389	0,4883	0,4308	0,3653	0,2921	0,2085	0,1130	18,573	1,85752
1-2 m	1,532	0,8709	0,8689	0,8655	0,8615	0,8565	0,8507	0,8440	0,8362	0,8272	0,8169	0,8050	0,7914	0,7758	0,7578	0,7372	0,7137	0,6867	0,6559	0,6208	0,5816	0,5361	0,4855	0,4280	0,3628	0,2899	0,2067	0,1120	19,577	1,957712
2-3 m	2,553	0,8729	0,8700	0,8663	0,8619	0,8568	0,8509	0,8440	0,8361	0,8269	0,8165	0,8044	0,7906	0,7747	0,7565	0,7356	0,7128	0,6845	0,6534	0,6179	0,5786	0,5325	0,4822	0,4247	0,3597	0,2871	0,2047	0,1109	20,569	2,056566
3-4 m	3,574	0,8737	0,8705	0,8666	0,8621	0,8568	0,8508	0,8437	0,8357	0,8264	0,8157	0,8035	0,7894	0,7733	0,7548	0,7337	0,7095	0,6819	0,6505	0,6147	0,5752	0,5291	0,4785	0,4211	0,3562	0,2842	0,2026	0,1096	21,544	2,154432
4-5 m	4,596	0,8741	0,8707	0,8667	0,8620	0,8566	0,8504	0,8433	0,8353	0,8255	0,8147	0,8022	0,7879	0,7715	0,7527	0,7313	0,7068	0,6789	0,6471	0,6110	0,5714	0,5252	0,4744	0,4171	0,3525	0,2811	0,2002	0,1083	22,514	2,251455
5-6 m	5,617	0,8742	0,8707	0,8665	0,8617	0,8562	0,8498	0,8425	0,8341	0,8244	0,8133	0,8006	0,7860	0,7693	0,7503	0,7285	0,7037	0,6754	0,6433	0,6069	0,5671	0,5208	0,4700	0,4128	0,3485	0,2778	0,1970	0,1069	23,476	2,347628
6-7 m	6,638	0,8741	0,8704	0,8662	0,8612	0,8556	0,8491	0,8415	0,8329	0,8230	0,8117	0,7987	0,7838	0,7668	0,7474	0,7253	0,7001	0,6715	0,6391	0,6024	0,5625	0,5160	0,4653	0,4083	0,3443	0,2743	0,1952	0,1054	24,433	2,443044
7-8 m	7,660	0,8738	0,8700	0,8656	0,8605	0,8547	0,8480	0,8403	0,8314	0,8213	0,8097	0,7964	0,7812	0,7639	0,7442	0,7221	0,6962	0,6673	0,6345	0,5976	0,5576	0,5109	0,4603	0,4035	0,3393	0,2706	0,1925	0,1039	25,377	2,537711
8-9 m	8,681	0,8733	0,8693	0,8648	0,8596	0,8536	0,8467	0,8387	0,8297	0,8193	0,8074	0,7938	0,7783	0,7606	0,7406	0,7178	0,6919	0,6626	0,6296	0,5924	0,5523	0,5056	0,4551	0,3985	0,3353	0,2669	0,1897	0,1024	26,317	2,631656
9-10 m	9,702	0,8726	0,8685	0,8638	0,8584	0,8523	0,8453	0,8369	0,8276	0,8169	0,8047	0,7908	0,7750	0,7578	0,7386	0,7154	0,6892	0,6577	0,6244	0,5870	0,5468	0,5000	0,4496	0,3933	0,3306	0,2630	0,1869	0,1008	27,249	2,72491
10-11 m	10,078	0,8716	0,8674	0,8625	0,8569	0,8505	0,8432	0,8348	0,8252	0,8142	0,8017	0,7875	0,7713	0,7538	0,7342	0,7097	0,6822	0,6493	0,6168	0,5794	0,5382	0,4942	0,4449	0,3880	0,3258	0,2594	0,1839	0,0992	27,526	2,752066
11-12 m	10,830	0,8705	0,8661	0,8611	0,8553	0,8486	0,8410	0,8324	0,8225	0,8112	0,7984	0,7838	0,7674	0,7497	0,7295	0,7057	0,6769	0,6437	0,6109	0,5731	0,5324	0,4892	0,4382	0,3826	0,3209	0,2550	0,1810	0,0975	28,178	2,817763
12-13 m	11,581	0,8692	0,8646	0,8594	0,8533	0,8465	0,8386	0,8297	0,8195	0,8079	0,7948	0,7799	0,7631	0,7446	0,7242	0,6994	0,6713	0,6408	0,6068	0,5689	0,5267	0,4820	0,4323	0,3770	0,3160	0,2510	0,1761	0,0959	28,822	2,882139
13-14 m	12,333	0,8677	0,8629	0,8574	0,8512	0,8440	0,8359	0,8267	0,8162	0,8043	0,7905	0,7756	0,7585	0,7391	0,7173	0,6928	0,6654	0,6347	0,6005	0,5625	0,5204	0,4758	0,4263	0,3715	0,3110	0,2469	0,1751	0,0943	29,460	2,946597
14-15 m	12,663	0,8659	0,8609	0,8552	0,8487	0,8413	0,8329	0,8234	0,8126	0,8004	0,7866	0,7711	0,7535	0,7338	0,7117	0,6869	0,6592	0,6284	0,5940	0,5560	0,5159	0,4694	0,4202	0,3659	0,3060	0,2429	0,1722	0,0927	29,672	2,967083
15-16 m	13,323	0,8640	0,8588	0,8528	0,8461	0,8384	0,8297	0,8199	0,8088	0,7962	0,7821	0,7662	0,7484	0,7283	0,7059	0,6809	0,6529	0,6219	0,5874	0,5489	0,5089	0,4630	0,4141	0,3602	0,3010	0,2388	0,1692	0,0910	30,208	3,020893

Lampiran 3-AJ

Perubahan Cu H = 9,5 m

Kedalaman	PI (%)	Cu lama (kg/cm2)	Cu lama (t/m2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (t/m2)	Cu pakai (t/m2)
0-1 m	44,191	0,08	0,80	0,30	2,95	2,95
1-2 m	44,191	0,08	0,80	0,31	3,07	3,07
2-3 m	44,191	0,08	0,80	0,32	3,19	3,19
3-4 m	44,191	0,08	0,80	0,33	3,30	3,30
4-5 m	44,191	0,08	0,80	0,34	3,42	3,42
5-6 m	44,191	0,08	0,80	0,35	3,54	3,54
6-7 m	44,191	0,08	0,80	0,36	3,65	3,65
7-8 m	44,191	0,08	0,80	0,38	3,76	3,76
8-9 m	44,191	0,08	0,80	0,39	3,87	3,87
9-10 m	44,191	0,08	0,80	0,40	3,98	3,98
10- 11 m	44,191	0,08	0,78	0,40	4,02	4,02
11-12 m	44,191	0,08	0,78	0,41	4,10	4,10
12-13 m	44,191	0,08	0,78	0,42	4,17	4,17
13-14 m	44,191	0,08	0,78	0,42	4,25	4,25
14-15 m	41,373	0,08	0,78	0,44	4,41	4,41
15-16 m	41,373	0,08	0,78	0,45	4,47	4,47

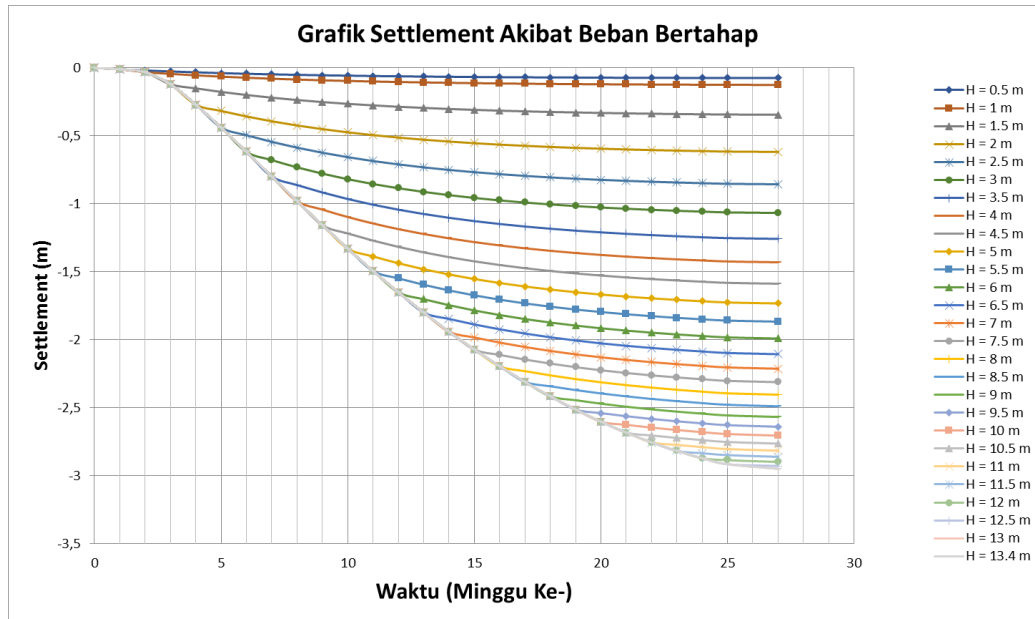
Lampiran 3-AK

Perhitungan akibat $\Delta p_1 - \Delta p_{27}$

Perhitungan	Rumus	Sc	Sc kum
ΔP_1	1	0,0768	0,0768
ΔP_2	1	0,0522	0,1290
ΔP_3	2	0,2261	0,3551
ΔP_4	3	0,2820	0,6371
ΔP_5	3	0,2455	0,8826
ΔP_6	3	0,2179	1,1005
ΔP_7	3	0,1960	1,2965
ΔP_8	3	0,1779	1,4744
ΔP_9	3	0,1627	1,6371
ΔP_{10}	3	0,1496	1,7867
ΔP_{11}	3	0,1381	1,9248
ΔP_{12}	3	0,1279	2,0527
ΔP_{13}	3	0,1186	2,1714
ΔP_{14}	3	0,1102	2,2816
ΔP_{15}	3	0,1023	2,3838
ΔP_{16}	3	0,0949	2,4787
ΔP_{17}	3	0,0878	2,5665
ΔP_{18}	3	0,0809	2,6474
ΔP_{19}	3	0,0742	2,7215
ΔP_{20}	3	0,0674	2,7890
ΔP_{21}	3	0,0607	2,8497
ΔP_{22}	3	0,0537	2,9034
ΔP_{23}	3	0,0465	2,9498
ΔP_{24}	3	0,0388	2,9886
ΔP_{25}	3	0,0306	3,0192
ΔP_{26}	3	0,0216	3,0408
ΔP_{27}	3	0,0116	3,0525

Lampiran 3-AL

Grafik settlement akibat beban bertahap $H = 8,5$ m



Lampiran 3-AM

Geotextile H=6,5 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center		radius	initial	terminal	SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	Δ MR (KN-m)	T Allow (kN/m)
			x (m)	y (m)	m	x (m)	x (m)					
1	0.75	7433	15.99	29.15	18.840	2.500	33.61	1.25	9910.67	12388.33	4955.33	30.918
2	0.909	6402	20.41	25.39	13.720	10.420	33.82	1.25	7042.90	8803.63	2401.63	30.918
3	0.828	6389	18.97	26.27	15.030	8.000	33.52	1.25	7716.18	9645.23	3256.23	30.918
4	0.802	7843	18.24	27.66	16.910	6.000	34.35	1.25	9779.30	12224.13	4381.13	30.918
5	0.794	9296	15.78	31.51	20.970	1.670	34.71	1.25	11707.81	14634.76	5338.76	30.918

Lampiran 3-AN

Geotextile H = 6,5 m

Perhitungan Untuk SF =		0.802																			
	4	Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KN/m²)	Lengan momen (Ti)	Sisa timb.	M resisting	ΔMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H timbunan (Ti)	σ'v (Kn/m²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)	Ket.	
		1 (bawah)	30.918	11.66	9.5	360.502	4381.13	360.502	Belum	1.25	9.8	176.04	101.637	64.109	0.291	1.00	5.6	0.500	7.1	Menerus	
		2	30.918	11.41	9.3	352.773		713.275	Belum	1.25	9.5	171.54	99.039	63.041	0.298	1.00	5.96	0.500	7.5	tidak menerus	
		3	30.918	11.16	9.0	345.043		1058.319	Belum	1.25	9.3	167.04	96.441	61.972	0.305	1.00	6.3	0.500	7.8	tidak menerus	
		4	30.918	10.91	8.8	337.314		1395.633	Belum	1.25	9.0	162.54	93.843	60.904	0.312	1.00	6.6	0.500	8.1	tidak menerus	
		5	30.918	10.66	8.5	329.585		1725.217	Belum	1.25	8.8	158.04	91.245	59.835	0.320	1.00	7	0.500	8.5	tidak menerus	
		6	30.918	10.41	8.3	321.855		2047.072	Belum	1.25	8.5	153.54	88.647	58.767	0.328	1.00	7.34	0.500	8.8	tidak menerus	
		7	30.918	10.16	8.0	314.126		2361.198	Belum	1.25	8.3	149.04	86.049	57.698	0.336	1.00	7.67	0.500	9.2	tidak menerus	
		8	30.918	9.91	7.8	306.396		2667.594	Belum	1.25	8.0	144.54	83.451	56.630	0.345	1.00	7.9	0.500	9.4	tidak menerus	
		9	30.918	9.66	7.5	298.667		2966.261	Belum	1.25	7.8	140.04	80.853	55.561	0.354	1.00	8.3	0.500	9.8	tidak menerus	
		10	30.918	9.41	7.3	290.937		3257.198	Belum	1.25	7.5	135.54	78.255	54.493	0.364	1.00	8.6	0.500	10.1	tidak menerus	
		11	30.918	9.16	7.0	283.208		3540.406	Belum	1.25	7.3	131.04	75.657	53.424	0.374	1.00	8.9	0.500	10.4	tidak menerus	
		12	30.918	8.91	6.8	275.478		3815.884	Belum	1.25	7.0	126.54	73.059	52.356	0.385	1.00	9.2	0.500	10.7	tidak menerus	
		13	30.918	8.66	6.5	267.749		4083.633	Belum	1.25	6.8	122.04	70.460	51.287	0.397	1.00	9.5	0.500	11.0	tidak menerus	
		14	30.918	8.41	6.3	260.019		4343.652	Belum	1.25	6.5	117.54	67.862	50.219	0.409	1.00	9.7	0.500	11.2	tidak menerus	
		15	30.918	8.16	6.0	252.290		4595.942	Memenuhi	1.25	6.3	113.04	65.264	49.150	0.422	1.00	10.03	0.500	11.5	tidak menerus	

Lampiran 3-AO

Geotextile H = 7,5 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center		radius	initial	terminal	SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	Δ MR (KN-m)	T Allow (kN/m)
			x (m)	y (m)	m	x (m)	x (m)					
1	0,734	7308	15,93	29,54	19,070	2,500	33,81	1,25	9956,40	12445,50	5137,50	30,918
2	0,921	9334	21,36	26,25	14,990	10,420	36,09	1,25	10134,64	12668,30	3334,30	30,918
3	0,822	7059	19,19	26,6	15,410	8,000	34,2	1,25	8587,59	10734,49	3675,49	30,918
4	0,783	8116	18,32	27,75	17,030	6,000	34,78	1,25	10365,26	12956,58	4840,58	30,918
5	0,762	7226	17,67	27,71	17,010	5,330	34,02	1,25	9482,94	11853,67	4627,67	30,918

Lampiran 3-AP

Geotextile H = 7,5 m

Perhitungan Untuk SF =		0,783																		
	4	Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KN/m')	Lengan momen (Ti)	Sisa timb.	M resisting	ΔMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H timbunan (Ti)	σ'v (KN/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)	Ket.
		1 (bawah)	30,918	11,75	10,8	363,285	4840,58	363,285	Belum	1,25	11,0	198,18	114,421	71,400	0,260	1,00	5,4	0,500	6,9	Menerus
		2	30,918	11,5	10,5	355,556		718,841	Belum	1,25	10,8	193,68	111,823	70,331	0,265	1,00	5,77	0,500	7,3	tidak menerus
		3	30,918	11,25	10,3	347,826		1066,667	Belum	1,25	10,5	189,18	109,225	69,263	0,271	1,00	6,1	0,500	7,6	tidak menerus
		4	30,918	11	10,0	340,097		1406,763	Belum	1,25	10,3	184,68	106,626	68,194	0,276	1,00	6,48	0,500	8,0	tidak menerus
		5	30,918	10,75	9,8	332,367		1739,130	Belum	1,25	10,0	180,18	104,028	67,126	0,282	1,00	6,83	0,500	8,3	tidak menerus
		6	30,918	10,5	9,5	324,638		2063,768	Belum	1,25	9,8	175,68	101,430	66,057	0,288	1,00	7,17	0,500	8,7	tidak menerus
		7	30,918	10,25	9,3	316,908		2380,676	Belum	1,25	9,5	171,18	98,832	64,989	0,295	1,00	7,5	0,500	9,0	tidak menerus
		8	30,918	10	9,0	309,179		2689,855	Belum	1,25	9,3	166,68	96,234	63,920	0,302	1,00	7,84	0,500	9,3	tidak menerus
		9	30,918	9,75	8,8	301,449		2991,304	Belum	1,25	9,0	162,18	93,636	62,852	0,309	1,00	8,16	0,500	9,7	tidak menerus
		10	30,918	9,5	8,5	293,720		3285,024	Belum	1,25	8,8	157,68	91,038	61,783	0,316	1,00	8,47	0,500	10,0	tidak menerus
		11	30,918	9,25	8,3	285,990		3571,014	Belum	1,25	8,5	153,18	88,440	60,715	0,324	1,00	8,78	0,500	10,3	tidak menerus
		12	30,918	9	8,0	278,261		3849,275	Belum	1,25	8,3	148,68	85,842	59,646	0,332	1,00	9,08	0,500	10,6	tidak menerus
		13	30,918	8,75	7,8	270,531		4119,807	Belum	1,25	8,0	144,18	83,244	58,578	0,341	1,00	9,37	0,500	10,9	tidak menerus
		14	30,918	8,5	7,5	262,802		4382,609	Belum	1,25	7,8	139,68	80,646	57,509	0,350	1,00	9,65	0,500	11,2	tidak menerus
		15	30,918	8,25	7,3	255,072		4637,681	Belum	1,25	7,5	135,18	78,048	56,441	0,359	1,00	9,93	0,500	11,4	tidak menerus
		16	30,918	8	7,0	247,343		4885,024	Memenuhi	1,25	7,3	130,68	75,450	55,372	0,369	1,00	10,2	0,500	11,7	tidak menerus
		17	30,918	7,75	6,8	239,614		5124,638	Memenuhi	1,25	7,0	126,18	72,851	54,304	0,380	1,00		0,500	1,5	tidak menerus

Lampiran 3-AQ

Geotextile H = 8,5 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center		radius	initial	terminal	SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	Δ MR (KN-m)	T Allow (kN/m)
			x (m)	y (m)	m	x (m)	x (m)					
1	0,733	6867	16,87	28,3	17,680	4,170	33,68	1,25	9368,35	11710,44	4843,44	30,918
2	0,883	6246	20,38	25,36	13,680	10,420	33,83	1,25	7073,61	8842,02	2596,02	30,918
3	0,814	8329	19,17	26,58	15,390	8,000	34,16	1,25	10232,19	12790,23	4461,23	30,918
4	0,748	8484	17,24	28,67	18,330	4,000	34,79	1,25	11342,25	14177,81	5693,81	30,918
5	0,732	6702	16,87	28,26	17,590	4,250	33,58	1,25	9155,74	11444,67	4742,67	30,918

Lampiran 3-AR

Geotextile H = 8,5 m

Perhitungan Untuk SF =		0,748																		
4	Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KNm')	Lengan momen (Ti)	Sisa timh.	M resisting	AMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H timbunan (Ti)	$\sigma'v$ (Kn/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)	Ket.	
	1 (bawah)	30918	12,67	12,0	391,729	5693,81	391,729	Belum	1,25	12,2	219,94	126,985	79,647	0,234	1,00	4,57	0,500	6,1	Menerus	
	2	30918	12,42	11,7	384,000		775,729	Belum	1,25	12,0	215,44	124,387	78,579	0,238	1,00	4,94	0,500	6,4	tidak menerus	
	3	30918	12,17	11,5	376,271		1152,000	Belum	1,25	11,7	210,94	121,789	77,510	0,242	1,00	5,3	0,500	6,8	tidak menerus	
	4	30918	11,92	11,2	368,541		1520,541	Belum	1,25	11,5	206,44	119,191	76,442	0,247	1,00	5,66	0,500	7,2	tidak menerus	
	5	30918	11,67	11,0	360,812		1881,353	Belum	1,25	11,2	201,94	116,592	75,373	0,252	1,00	6,02	0,500	7,5	tidak menerus	
	6	30918	11,42	10,7	353,082		2234,435	Belum	1,25	11,0	197,44	113,994	74,305	0,257	1,00	6,36	0,500	7,9	tidak menerus	
	7	30918	11,17	10,5	345,353		2579,787	Belum	1,25	10,7	192,94	111,396	73,236	0,262	1,00	6,7	0,500	8,2	tidak menerus	
	8	30918	10,92	10,2	337,623		2917,411	Belum	1,25	10,5	188,44	108,798	72,168	0,267	1,00	7	0,500	8,5	tidak menerus	
	9	30918	10,67	10,0	329,894		3247,304	Belum	1,25	10,2	183,94	106,200	71,099	0,272	1,00	7,37	0,500	8,9	tidak menerus	
	10	30918	10,42	9,7	322,164		3569,469	Belum	1,25	10,0	179,44	103,602	70,031	0,278	1,00	7,69	0,500	9,2	tidak menerus	
	11	30918	10,17	9,5	314,435		3883,903	Belum	1,25	9,7	174,94	101,004	68,962	0,284	1,00	8	0,500	9,5	tidak menerus	
	12	30918	9,92	9,2	306,705		4190,609	Belum	1,25	9,5	170,44	98,406	67,894	0,290	1,00	8,32	0,500	9,8	tidak menerus	
	13	30918	9,67	9,0	298,976		4489,585	Belum	1,25	9,2	165,94	95,808	66,825	0,297	1,00	8,63	0,500	10,1	tidak menerus	
	14	30918	9,42	8,7	291,246		4780,831	Belum	1,25	9,0	161,44	93,210	65,757	0,304	1,00	8,9	0,500	10,4	tidak menerus	
	15	30918	9,17	8,5	283,517		5064,348	Belum	1,25	8,7	156,94	90,612	64,689	0,311	1,00	9,22	0,500	10,7	tidak menerus	
	16	30918	8,92	8,2	275,787		5340,135	Belum	1,25	8,5	152,44	88,014	63,620	0,319	1,00	9,5	0,500	11,0	tidak menerus	
	17	30918	8,67	8,0	268,058		5608,193	Belum	1,25	8,2	147,94	85,416	62,552	0,326	1,00	9,77	0,500	11,3	tidak menerus	
	18	30918	8,42	7,7	260,329		5868,522	Memenuhi	1,25	8,0	143,44	82,817	61,483	0,335	1,00	10,04	0,500	11,5	tidak menerus	
	19	30918	8,17	7,5	252,599		6121,121	Memenuhi	1,25	7,7	138,94	80,219	60,415	0,344	1,00		0,500	1,5	tidak menerus	
	20	30918	7,92	7,2	244,870		6365,990	Memenuhi	1,25	7,5	134,44	77,621	59,346	0,353	1,00		0,500	1,5	tidak menerus	

Lampiran 3-AS

Geotextile H = 9,5 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center		radius	initial	terminal	SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	Δ MR (KN-m)	T Allow (kN/m)
			x (m)	y (m)	m	x (m)	x (m)					
1	0,762	5858	18,6	26,39	15,200	7,500	33,33	1,25	7687,66	9609,58	3751,58	30,918
2	0,863	6097	20,38	25,36	13,670	10,420	33,82	1,25	7064,89	8831,11	2734,11	30,918
3	0,792	10800	18,08	29,67	19,150	8,000	34,14	1,25	13636,36	17045,45	6245,45	30,918
4	0,764	8679	17,58	27,62	16,880	5,330	33,87	1,25	11359,95	14199,93	5520,93	30,918
5	0,765	5966	18,45	26,7	15,480	7,250	33,4	1,25	7798,69	9748,37	3782,37	30,918

Lampiran 3-AT

Geotextile H = 9,5 m

Perhitungan Untuk SF =		0,731																		
	4	Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KNm')	Lengan momen (Ti)	Sisa timh.	M resisting	ΔMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H timbunan (Ti)	σ'v (KN/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)	Ket.
		1 (bawah)	30,918	11,62	13,2	359,266	4753,36	359,266	Belum	1,25	13,4	241,40	139,373	86,826	0,214	1,00	4,6	0,500	6,1	Menerus
		2	30,918	11,37	12,9	351,536		710,802	Belum	1,25	13,2	236,90	136,775	85,758	0,217	1,00	4,93	0,500	6,4	tidak menerus
		3	30,918	11,12	12,7	343,807		1054,609	Belum	1,25	12,9	232,40	134,177	84,689	0,221	1,00	5,29	0,500	6,8	tidak menerus
		4	30,918	10,87	12,4	336,077		1390,686	Belum	1,25	12,7	227,90	131,579	83,621	0,224	1,00	5,64	0,500	7,1	tidak menerus
		5	30,918	10,62	12,2	328,348		1719,034	Belum	1,25	12,4	223,40	128,981	82,552	0,228	1,00	5,99	0,500	7,5	tidak menerus
		6	30,918	10,37	11,9	320,618		2039,652	Belum	1,25	12,2	218,90	126,383	81,484	0,232	1,00	6,33	0,500	7,8	tidak menerus
		7	30,918	10,12	11,7	312,889		2352,541	Belum	1,25	11,9	214,40	123,785	80,415	0,237	1,00	6,67	0,500	8,2	tidak menerus
		8	30,918	9,87	11,4	305,159		2657,700	Belum	1,25	11,7	209,90	121,187	79,347	0,241	1,00	7	0,500	8,5	tidak menerus
		9	30,918	9,62	11,2	297,430		2955,130	Belum	1,25	11,4	205,40	118,589	78,279	0,245	1,00	7,32	0,500	8,8	tidak menerus
		10	30,918	9,37	10,9	289,700		3244,831	Belum	1,25	11,2	200,90	115,990	77,210	0,250	1,00	7,64	0,500	9,1	tidak menerus
		11	30,918	9,12	10,7	281,971		3526,802	Belum	1,25	10,9	196,40	113,392	76,142	0,255	1,00	7,95	0,500	9,5	tidak menerus
		12	30,918	8,87	10,4	274,242		3801,043	Belum	1,25	10,7	191,90	110,794	75,073	0,260	1,00	8,25	0,500	9,8	tidak menerus
		13	30,918	8,62	10,2	266,512		4067,556	Belum	1,25	10,4	187,40	108,196	74,005	0,265	1,00	8,54	0,500	10,0	tidak menerus
		14	30,918	8,37	9,9	258,783		4326,338	Belum	1,25	10,2	182,90	105,598	72,936	0,271	1,00	8,83	0,500	10,3	tidak menerus
		15	30,918	8,12	9,7	251,053		4577,391	Belum	1,25	9,9	178,40	103,000	71,868	0,276	1,00	9,19	0,500	10,7	tidak menerus
		16	30,918	7,87	9,4	243,324		4820,715	Memenuhi	1,25	9,7	173,90	100,402	70,799	0,282	1,00	9,37	0,500	10,9	tidak menerus
		17	30,918	7,62	9,2	235,594		5056,309	Memenuhi	1,25	9,4	169,40	97,804	69,731	0,288	1,00		0,500	1,5	tidak menerus
		18	30,918	7,37	8,9	227,865		5284,174	Memenuhi	1,25	9,2	164,90	95,206	68,662	0,295	1,00		0,500	1,5	tidak menerus

Lampiran 3-AU

Geotextile-Wall H = 7,4 m

Z (m)	Ka timb	γ (kN/m ³)	δH_z (kN/m ²)	δH_q (kN/m ²)	$\Sigma \delta H$ (kN/m ²)	Tallow (t/m)	Sv (m)	Sv pakai (m)	δv (t/m ²)	Hitungan			Pakai		Keterangan
										Le (m)	Lr (m)	Lo (m)	Le & Lr (m)	Lo (m)	
0	0,333333333	18	0	4,86667	4,86667										
1	0,333333333	18	6	4,86667	10,8667	15,459	1,14	1	18	1,037	5,84966	0,518	8,000	1	tidak menerus
2	0,333333333	18	12	4,86667	16,8667	15,459	0,73	0,5	36	0,402	5,27231	0,201	8,000	1	tidak menerus
3	0,333333333	18	18	4,86667	22,8667	15,459	0,54	0,5	54	0,364	4,69496	0,182	8,000	1	tidak menerus
4	0,333333333	18	24	4,86667	28,8667	15,459	0,43	0,25	72	0,172	4,11761	0,086	8,000	1	tidak menerus
5	0,333333333	18	30	4,86667	34,8667	15,459	0,35	0,25	90	0,166	3,54026	0,083	8,000	1	tidak menerus
6	0,333333333	18	36	4,86667	40,8667	15,459	0,30	0,25	108	0,162	2,96291	0,081	8,000	1	tidak menerus
7	0,333333333	18	42	4,86667	46,8667	15,459	0,26	0,25	126	0,160	2,38556	0,080	8,000	1	tidak menerus
8	0,333333333	18	48	4,86667	52,8667	15,459	0,23	0,25	144	0,158	1,80821	0,079	8,000	1	tidak menerus
9	0,333333333	18	54	4,86667	58,8667	15,459	0,21	0,25	162	0,156	1,23086	0,078	8,000	1	tidak menerus
10	0,333333333	18	60	4,86667	64,8667	15,459	0,19	0,25	180	0,155	0,65351	0,077	8,000	1	tidak menerus
11	0,333333333	18	66	4,86667	70,8667	15,459	0,17	0,25	198	0,154	0,07616	0,077	8,000	1	tidak menerus
11,1	0,333333333	18	66,6	4,86667	71,4667	15,459	0,17	0,25	199,8	0,154	0,01843	0,077	8,000	1	tidak menerus

Lampiran 3-AV

Geotextile-Wall H=7,8 m

Z (m)	Ka timb	γ (kN/m ³)	$\bar{\sigma}_Hs$ (kN/m ²)	$\bar{\sigma}_Hq$ (kN/m ²)	$\Sigma \bar{\sigma}_H$ (kN/m ²)	Tallow (t/m)	Sv (m)	Sv pakai (m)	$\bar{\sigma}_v$ (t/m ²)	Hitungan			Pakai		Keterangan
										Le (m)	Lr (m)	Lo (m)	Le & Lr (m)	Lo (m)	
0	0,333333333	18	0	4,86666667	4,86667										
1	0,333333333	18	6	4,86666667	10,8667	15,459	1,14	1	18	0,654	6,00444	0,327	8,000	1	tidak menerus
2	0,333333333	18	12	4,86666667	16,8667	15,459	0,73	0,5	36	0,254	5,42709	0,127	8,000	1	tidak menerus
3	0,333333333	18	18	4,86666667	22,8667	15,459	0,54	0,5	54	0,229	4,84974	0,115	8,000	1	tidak menerus
4	0,333333333	18	24	4,86666667	28,8667	15,459	0,43	0,25	72	0,109	4,27239	0,054	8,000	1	tidak menerus
5	0,333333333	18	30	4,86666667	34,8667	15,459	0,35	0,25	90	0,105	3,69504	0,052	8,000	1	tidak menerus
6	0,333333333	18	36	4,86666667	40,8667	15,459	0,30	0,25	108	0,102	3,11769	0,051	8,000	1	tidak menerus
7	0,333333333	18	42	4,86666667	46,8667	15,459	0,26	0,25	126	0,101	2,54034	0,050	8,000	1	tidak menerus
8	0,333333333	18	48	4,86666667	52,8667	15,459	0,23	0,25	144	0,099	1,96299	0,050	8,000	1	tidak menerus
9	0,333333333	18	54	4,86666667	58,8667	15,459	0,21	0,25	162	0,098	1,38564	0,049	8,000	1	tidak menerus
10	0,333333333	18	60	4,86666667	64,8667	15,459	0,19	0,25	180	0,098	0,80829	0,049	8,000	1	tidak menerus
11	0,333333333	18	66	4,86666667	70,8667	15,459	0,17	0,25	198	0,097	0,23094	0,048	8,000	1	tidak menerus
11,4	0,333333333	18	68,4	4,86666667	73,2667	15,459	0,17	0,25	205,2	0,097	0	0,048	8,000	1	tidak menerus

Lampiran 3-AW

Micropile sisi kiri underpass

No	SF	R	M-Res	n
		(m)	(kN-m)	(buah)
1	0,89	77,25	20880	8
2	0,98	27,73	11540	9
3	0,889	77,45	20800	8
4	0,696	28,83	7557	15

Micropile sisi kanan underpass

No	SF	R	M-Res	n
		(m)	(kN-m)	(buah)
1	1,074	10,53	4485	5
2	0,505	10,42	1525	16
3	0,54	11,03	1836	16
4	0,634	12,93	2891	16

Lampiran 3-AX

Reinforced-Wall H=7,4 m

strip no.	Z	H	H act	T1 (kN)	Le	Le pakai	Lr	Lo	Panjang pakai
1	1	1	11,1	1,1988	0,114	1	6,4047	7,405	10
2	1	2	10	2,3976	0,114	1	5,77	6,770	10
3	1	3	9	3,5964	0,114	1	5,193	6,193	10
4	1	4	8	4,7952	0,114	1	4,616	5,616	10
5	1	5	7	5,994	0,114	1	4,039	5,039	10
6	1	6	6	7,1928	0,114	1	3,462	4,462	10
7	1	7	5	8,3916	0,114	1	2,885	3,885	10
8	1	8	4	9,5904	0,114	1	2,308	3,308	10
9	1	9	3	10,7892	0,114	1	1,731	2,731	10
10	1	10	2	11,988	0,114	1	1,154	2,154	10
11	1	11,1	1	13,30668	0,114	1	0,577	1,577	10

Lampiran 3-AY

Reinforced-Wall H=7,8 m

strip no.	Z	H	H act	T1 (kN)	Le	Le pakai	Lr	Lo
1	1	1	11,4	2,997	0,286	1	6,5778	7,578
2	1	2	11	5,994	0,286	1	6,347	7,347
3	1	3	10	8,991	0,286	1	5,77	6,770
4	1	4	9	11,988	0,286	1	5,193	6,193
5	1	5	8	14,985	0,286	1	4,616	5,616
6	1	6	7	17,982	0,286	1	4,039	5,039
7	1	7	6	20,979	0,286	1	3,462	4,462
8	1	8	5	23,976	0,286	1	2,885	3,885
9	1	9	4	26,973	0,286	1	2,308	3,308
10	1	10	3	29,97	0,286	1	1,731	2,731
11	1	11	2	32,967	0,286	1	1,154	2,154
12	1	11,4	1	34,1658	0,286	1	0,577	1,577

Lampiran 3-AZ

Daya dukung tiang pancang D 30 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr pakai	N rata-rata Ujung	Q ujung (ton)	Σ Rsi (ton)	Q ijin = Q_{ult}/SF SF = 3 (ton)	Q ijin tarik = $\Sigma Rsi/SF$ SF = 3 ton (ton)
0	0	L	1,723	0,723	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	0	L	1,723	0,723	0,18	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0	L	1,723	0,723	0,54	0	0,07	0,2	0,0	0,1	0,0
1,5	0	L	1,723	0,723	0,90	0	0,19	0,5	0,0	0,2	0,0
2	0	L	1,723	0,723	1,27	0	0,33	0,9	0,0	0,3	0,0
2,5	0	L	1,723	0,723	1,63	0	0,53	1,5	0,0	0,5	0,0
3	0,25	L	1,723	0,723	1,99	0,5	0,76	2,1	0,1	0,8	0,0
3,5	0,5	L	1,723	0,723	2,35	1,0	1,02	2,9	0,4	1,1	0,1
4	0,75	L	1,723	0,723	2,71	1,4	1,31	3,7	0,7	1,5	0,2
4,5	1	L	1,723	0,723	3,07	1,8	1,62	4,6	1,1	1,9	0,4
5	1,25	L	1,785	0,785	3,45	2,1	1,84	5,2	1,6	2,3	0,5
5,5	1,5	L	1,785	0,785	3,84	2,4	1,93	5,5	2,2	2,5	0,7
6	1,75	L	1,785	0,785	4,24	2,6	1,88	5,3	2,8	2,7	0,9
6,5	2	L	1,785	0,785	4,63	2,8	1,72	4,9	3,5	2,8	1,2
7	1,5	L	1,785	0,785	5,02	2,0	1,53	4,3	3,9	2,7	1,3
7,5	1	L	1,785	0,785	5,41	1,3	1,29	3,7	4,2	2,6	1,4
8	0,5	L	1,785	0,785	5,81	0,6	1,03	2,9	4,4	2,4	1,5
8,5	0	L	1,785	0,785	6,20	0	0,74	2,1	4,4	2,2	1,5
9	0	L	1,785	0,785	6,59	0	0,51	1,4	4,4	1,9	1,5
9,5	0	L	1,785	0,785	6,99	0	0,45	1,3	4,4	1,9	1,5
10	0	L	1,785	0,785	7,38	0	0,55	1,6	4,4	2,0	1,5
10,5	0	L	1,722	0,722	7,76	0	0,81	2,3	4,4	2,2	1,5
11	0,75	L	1,722	0,722	8,12	0,74	1,15	3,3	4,5	2,6	1,5
11,5	1,5	L	1,722	0,722	8,48	1,46	1,52	4,3	4,9	3,1	1,6
12	2,25	L	1,722	0,722	8,84	2,18	1,91	5,4	5,4	3,6	1,8
12,5	3	L	1,722	0,722	9,20	2,88	2,32	6,6	6,1	4,2	2,0
13	3,25	L	1,722	0,722	9,56	3,09	2,75	7,8	6,8	4,9	2,3
13,5	3,5	L	1,722	0,722	9,92	3,30	3,13	8,8	7,6	5,5	2,5
14	3,75	L	1,722	0,722	10,28	3,51	3,44	9,7	8,4	6,0	2,8
14,5	4	L	1,760	0,760	10,65	3,71	3,70	10,5	9,3	6,6	3,1
15	4,25	L	1,760	0,760	11,01	3,91	4,49	12,7	10,2	7,6	3,4
15,5	4,5	L	1,760	0,760	11,37	4,10	5,86	16,6	11,2	9,2	3,7
16	4,75	L	1,760	0,760	11,73	4,30	7,81	22,1	12,2	11,4	4,1
16,5	5	L	1,760	0,760	12,09	4,48	10,31	29,2	13,2	14,1	4,4
17	11,25	L	1,760	0,760	12,46	10,01	13,18	37,3	15,6	17,6	5,2
17,5	17,5	L	1,760	0,760	12,82	15,45	16,41	46,4	19,2	21,9	6,4
18	23,75	L	1,760	0,760	13,18	20,80	19,98	56,5	24,1	26,9	8,0
18,5	30	L	1,760	0,760	13,54	26,07	23,88	67,5	30,3	32,6	10,1
19	34,25	L	1,760	0,760	13,90	29,53	28,00	79,2	37,2	38,8	12,4
19,5	38,5	L	1,760	0,760	14,26	32,93	31,76	89,8	45,0	44,9	15,0
20	42,75	L	1,760	0,760	14,62	36,29	35,16	99,4	53,6	51,0	17,9
20,5	47	L	2,043	1,043	15,28	39,34	38,19	108,0	62,8	56,9	20,9
21	50,25	L	2,043	1,043	15,81	41,61	40,59	114,8	72,6	62,5	24,2
21,5	53,5	L	2,043	1,043	16,33	43,83	42,54	120,3	83,0	67,7	27,7
22	56,75	L	2,043	1,043	16,85	46,00	44,07	124,6	93,8	72,8	31,3
22,5	60	L	2,043	1,043	17,37	48,13	45,17	127,7	105,1	77,6	35,0
23	60	L	2,043	1,043	17,89	47,63	45,90	129,8	116,4	82,0	38,8
23,5	60	L	2,043	1,043	18,41	47,14	46,51	131,5	127,5	86,3	42,5
24	60	L	2,043	1,043	18,93	46,66	46,96	132,8	138,5	90,4	46,2
24,5	60	L	2,043	1,043	19,46	46,19	47,15	133,3	149,3	94,2	49,8

Lampiran 3-BA

Daya dukung tiang pancang D 40 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr pakai	N rata-rata Ujung	Q ujung (ton)	\sum Rsi (ton)	Q ijin = Qult/SF SF = 3 (ton)	Q ijin tarik = \sum Rsi/SF SF = 3 ton (ton)
0	0	L	1,723	0,723	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	0	L	1,723	0,723	0,18	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0	L	1,723	0,723	0,54	0	0,07	0,4	0,0	0,1	0,0
1,5	0	L	1,723	0,723	0,90	0	0,19	0,9	0,0	0,3	0,0
2	0	L	1,723	0,723	1,27	0	0,33	1,6	0,0	0,5	0,0
2,5	0	L	1,723	0,723	1,63	0	0,53	2,6	0,0	0,9	0,0
3	0,25	L	1,723	0,723	1,99	0,5	0,76	3,8	0,2	1,3	0,1
3,5	0,5	L	1,723	0,723	2,35	1,0	1,02	5,1	0,5	1,9	0,2
4	0,75	L	1,723	0,723	2,71	1,4	1,31	6,6	1,0	2,5	0,3
4,5	1	L	1,723	0,723	3,07	1,8	1,62	8,2	1,5	3,2	0,5
5	1,25	L	1,785	0,785	3,45	2,1	1,84	9,3	2,2	3,8	0,7
5,5	1,5	L	1,785	0,785	3,84	2,4	1,93	9,7	2,9	4,2	1,0
6	1,75	L	1,785	0,785	4,24	2,6	1,88	9,5	3,7	4,4	1,2
6,5	2	L	1,785	0,785	4,63	2,8	1,72	8,7	4,6	4,4	1,5
7	1,5	L	1,785	0,785	5,02	2,0	1,53	7,7	5,2	4,3	1,7
7,5	1	L	1,785	0,785	5,41	1,3	1,29	6,5	5,6	4,0	1,9
8	0,5	L	1,785	0,785	5,81	0,6	1,03	5,2	5,8	3,7	1,9
8,5	0	L	1,785	0,785	6,20	0	0,74	3,7	5,8	3,2	1,9
9	0	L	1,785	0,785	6,59	0	0,51	2,6	5,8	2,8	1,9
9,5	0	L	1,785	0,785	6,99	0	0,45	2,3	5,8	2,7	1,9
10	0	L	1,785	0,785	7,38	0	0,55	2,8	5,8	2,9	1,9
10,5	0	L	1,722	0,722	7,76	0	0,81	4,1	5,8	3,3	1,9
11	0,75	L	1,722	0,722	8,12	0,74	1,15	5,8	6,1	3,9	2,0
11,5	1,5	L	1,722	0,722	8,48	1,46	1,52	7,6	6,5	4,7	2,2
12	2,25	L	1,722	0,722	8,84	2,18	1,91	9,6	7,2	5,6	2,4
12,5	3	L	1,722	0,722	9,20	2,88	2,32	11,7	8,1	6,6	2,7
13	3,25	L	1,722	0,722	9,56	3,09	2,75	13,8	9,1	7,6	3,0
13,5	3,5	L	1,722	0,722	9,92	3,30	3,13	15,7	10,1	8,6	3,4
14	3,75	L	1,722	0,722	10,28	3,51	3,44	17,3	11,2	9,5	3,7
14,5	4	L	1,760	0,760	10,65	3,71	3,70	18,6	12,4	10,3	4,1
15	4,25	L	1,760	0,760	11,01	3,91	4,49	22,6	13,6	12,1	4,5
15,5	4,5	L	1,760	0,760	11,37	4,10	5,86	29,5	14,9	14,8	5,0
16	4,75	L	1,760	0,760	11,73	4,30	7,81	39,2	16,2	18,5	5,4
16,5	5	L	1,760	0,760	12,09	4,48	10,31	51,8	17,7	23,2	5,9
17	11,25	L	1,760	0,760	12,46	10,01	13,18	66,3	20,8	29,0	6,9
17,5	17,5	L	1,760	0,760	12,82	15,45	16,41	82,5	25,7	36,0	8,6
18	23,75	L	1,760	0,760	13,18	20,80	19,98	100,4	32,2	44,2	10,7
18,5	30	L	1,760	0,760	13,54	26,07	23,88	120,0	40,4	53,5	13,5
19	34,25	L	1,760	0,760	13,90	29,53	28,00	140,8	49,7	63,5	16,6
19,5	38,5	L	1,760	0,760	14,26	32,93	31,76	159,6	60,0	73,2	20,0
20	42,75	L	1,760	0,760	14,62	36,29	35,16	176,7	71,4	82,7	23,8
20,5	47	L	2,043	1,043	15,28	39,34	38,19	192,0	83,8	91,9	27,9
21	50,25	L	2,043	1,043	15,81	41,61	40,59	204,0	96,8	100,3	32,3
21,5	53,5	L	2,043	1,043	16,33	43,83	42,54	213,9	110,6	108,2	36,9
22	56,75	L	2,043	1,043	16,85	46,00	44,07	221,5	125,1	115,5	41,7
22,5	60	L	2,043	1,043	17,37	48,13	45,17	227,0	140,2	122,4	46,7
23	60	L	2,043	1,043	17,89	47,63	45,90	230,7	155,1	128,6	51,7
23,5	60	L	2,043	1,043	18,41	47,14	46,51	233,8	169,9	134,6	56,6
24	60	L	2,043	1,043	18,93	46,66	46,96	236,0	184,6	140,2	61,5
24,5	60	L	2,043	1,043	19,46	46,19	47,15	237,0	199,1	145,4	66,4

Lampiran 3-BB

Daya dukung tiang pancang D 50 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr pakai	N rata-rata Ujung	Q ujung (ton)	Σ Rsi (ton)	Q ijin = Qult/SF SF = 3 (ton)	Q ijin tarik = Σ Rsi/SF SF = 3 ton (ton)
0	0	L	1,723	0,723	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	0	L	1,723	0,723	0,18	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0	L	1,723	0,723	0,54	0	0,07	0,6	0,0	0,2	0,0
1,5	0	L	1,723	0,723	0,90	0	0,19	1,5	0,0	0,5	0,0
2	0	L	1,723	0,723	1,27	0	0,33	2,6	0,0	0,9	0,0
2,5	0	L	1,723	0,723	1,63	0	0,53	4,1	0,0	1,4	0,0
3	0,25	L	1,723	0,723	1,99	0,5	0,76	6,0	0,2	2,1	0,1
3,5	0,5	L	1,723	0,723	2,35	1,0	1,02	8,0	0,6	2,9	0,2
4	0,75	L	1,723	0,723	2,71	1,4	1,31	10,3	1,2	3,8	0,4
4,5	1	L	1,723	0,723	3,07	1,8	1,62	12,7	1,9	4,9	0,6
5	1,25	L	1,785	0,785	3,45	2,1	1,84	14,5	2,7	5,7	0,9
5,5	1,5	L	1,785	0,785	3,84	2,4	1,93	15,1	3,6	6,3	1,2
6	1,75	L	1,785	0,785	4,24	2,6	1,88	14,8	4,7	6,5	1,6
6,5	2	L	1,785	0,785	4,63	2,8	1,72	13,5	5,8	6,4	1,9
7	1,5	L	1,785	0,785	5,02	2,0	1,53	12,0	6,6	6,2	2,2
7,5	1	L	1,785	0,785	5,41	1,3	1,29	10,1	7,0	5,7	2,3
8	0,5	L	1,785	0,785	5,81	0,6	1,03	8,1	7,3	5,1	2,4
8,5	0	L	1,785	0,785	6,20	0	0,74	5,8	7,3	4,4	2,4
9	0	L	1,785	0,785	6,59	0	0,51	4,0	7,3	3,8	2,4
9,5	0	L	1,785	0,785	6,99	0	0,45	3,6	7,3	3,6	2,4
10	0	L	1,785	0,785	7,38	0	0,55	4,3	7,3	3,9	2,4
10,5	0	L	1,722	0,722	7,76	0	0,81	6,3	7,3	4,5	2,4
11	0,75	L	1,722	0,722	8,12	0,74	1,15	9,0	7,6	5,5	2,5
11,5	1,5	L	1,722	0,722	8,48	1,46	1,52	11,9	8,1	6,7	2,7
12	2,25	L	1,722	0,722	8,84	2,18	1,91	15,0	9,0	8,0	3,0
12,5	3	L	1,722	0,722	9,20	2,88	2,32	18,2	10,1	9,4	3,4
13	3,25	L	1,722	0,722	9,56	3,09	2,75	21,6	11,3	11,0	3,8
13,5	3,5	L	1,722	0,722	9,92	3,30	3,13	24,6	12,6	12,4	4,2
14	3,75	L	1,722	0,722	10,28	3,51	3,44	27,0	14,0	13,7	4,7
14,5	4	L	1,760	0,760	10,65	3,71	3,70	29,0	15,5	14,8	5,2
15	4,25	L	1,760	0,760	11,01	3,91	4,49	35,3	17,0	17,4	5,7
15,5	4,5	L	1,760	0,760	11,37	4,10	5,86	46,0	18,6	21,6	6,2
16	4,75	L	1,760	0,760	11,73	4,30	7,81	61,3	20,3	27,2	6,8
16,5	5	L	1,760	0,760	12,09	4,48	10,31	81,0	22,1	34,4	7,4
17	11,25	L	1,760	0,760	12,46	10,01	13,18	103,5	26,0	43,2	8,7
17,5	17,5	L	1,760	0,760	12,82	15,45	16,41	128,9	32,1	53,6	10,7
18	23,75	L	1,760	0,760	13,18	20,80	19,98	157,0	40,2	65,7	13,4
18,5	30	L	1,760	0,760	13,54	26,07	23,88	187,5	50,5	79,3	16,8
19	34,25	L	1,760	0,760	13,90	29,53	28,00	219,9	62,1	94,0	20,7
19,5	38,5	L	1,760	0,760	14,26	32,93	31,76	249,4	75,0	108,1	25,0
20	42,75	L	1,760	0,760	14,62	36,29	35,16	276,1	89,3	121,8	29,8
20,5	47	L	2,043	1,043	15,28	39,34	38,19	300,0	104,7	134,9	34,9
21	50,25	L	2,043	1,043	15,81	41,61	40,59	318,8	121,0	146,6	40,3
21,5	53,5	L	2,043	1,043	16,33	43,83	42,54	334,1	138,3	157,5	46,1
22	56,75	L	2,043	1,043	16,85	46,00	44,07	346,1	156,3	167,5	52,1
22,5	60	L	2,043	1,043	17,37	48,13	45,17	354,8	175,2	176,7	58,4
23	60	L	2,043	1,043	17,89	47,63	45,90	360,5	193,9	184,8	64,6
23,5	60	L	2,043	1,043	18,41	47,14	46,51	365,3	212,4	192,6	70,8
24	60	L	2,043	1,043	18,93	46,66	46,96	368,8	230,8	199,9	76,9
24,5	60	L	2,043	1,043	19,46	46,19	47,15	370,3	248,9	206,4	83,0

Lampiran 3-BC

Daya dukung tiang pancang D 60 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr pakai	N rata-rata Ujung	Q ujung (ton)	Σ Rsi (ton)	Q ijin = Qult/SF SF = 3 (ton)	Q ijin tarik = Σ Rsi/SF SF = 3 ton (ton)
0	0	L	1,723	0,723	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	0	L	1,723	0,723	0,18	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0	L	1,723	0,723	0,54	0	0,07	0,8	0,0	0,3	0,0
1,5	0	L	1,723	0,723	0,90	0	0,19	2,1	0,0	0,7	0,0
2	0	L	1,723	0,723	1,27	0	0,33	3,7	0,0	1,2	0,0
2,5	0	L	1,723	0,723	1,63	0	0,53	5,9	0,0	2,0	0,0
3	0,25	L	1,723	0,723	1,99	0,5	0,76	8,6	0,3	2,9	0,1
3,5	0,5	L	1,723	0,723	2,35	1,0	1,02	11,6	0,7	4,1	0,2
4	0,75	L	1,723	0,723	2,71	1,4	1,31	14,8	1,4	5,4	0,5
4,5	1	L	1,723	0,723	3,07	1,8	1,62	18,3	2,3	6,9	0,8
5	1,25	L	1,785	0,785	3,45	2,1	1,84	20,9	3,3	8,0	1,1
5,5	1,5	L	1,785	0,785	3,84	2,4	1,93	21,8	4,4	8,7	1,5
6	1,75	L	1,785	0,785	4,24	2,6	1,88	21,3	5,6	9,0	1,9
6,5	2	L	1,785	0,785	4,63	2,8	1,72	19,5	6,9	8,8	2,3
7	1,5	L	1,785	0,785	5,02	2,0	1,53	17,3	7,9	8,4	2,6
7,5	1	L	1,785	0,785	5,41	1,3	1,29	14,6	8,5	7,7	2,8
8	0,5	L	1,785	0,785	5,81	0,6	1,03	11,6	8,7	6,8	2,9
8,5	0	L	1,785	0,785	6,20	0	0,74	8,4	8,7	5,7	2,9
9	0	L	1,785	0,785	6,59	0	0,51	5,8	8,7	4,8	2,9
9,5	0	L	1,785	0,785	6,99	0	0,45	5,1	8,7	4,6	2,9
10	0	L	1,785	0,785	7,38	0	0,55	6,3	8,7	5,0	2,9
10,5	0	L	1,722	0,722	7,76	0	0,81	9,1	8,7	6,0	2,9
11	0,75	L	1,722	0,722	8,12	0,74	1,15	13,0	9,1	7,4	3,0
11,5	1,5	L	1,722	0,722	8,48	1,46	1,52	17,2	9,8	9,0	3,3
12	2,25	L	1,722	0,722	8,84	2,18	1,91	21,6	10,8	10,8	3,6
12,5	3	L	1,722	0,722	9,20	2,88	2,32	26,2	12,2	12,8	4,1
13	3,25	L	1,722	0,722	9,56	3,09	2,75	31,1	13,6	14,9	4,5
13,5	3,5	L	1,722	0,722	9,92	3,30	3,13	35,4	15,2	16,8	5,1
14	3,75	L	1,722	0,722	10,28	3,51	3,44	38,9	16,8	18,6	5,6
14,5	4	L	1,760	0,760	10,65	3,71	3,70	41,8	18,6	20,1	6,2
15	4,25	L	1,760	0,760	11,01	3,91	4,49	50,8	20,4	23,7	6,8
15,5	4,5	L	1,760	0,760	11,37	4,10	5,86	66,3	22,3	29,5	7,4
16	4,75	L	1,760	0,760	11,73	4,30	7,81	88,3	24,4	37,6	8,1
16,5	5	L	1,760	0,760	12,09	4,48	10,31	116,6	26,5	47,7	8,8
17	11,25	L	1,760	0,760	12,46	10,01	13,18	149,1	31,2	60,1	10,4
17,5	17,5	L	1,760	0,760	12,82	15,45	16,41	185,6	38,5	74,7	12,8
18	23,75	L	1,760	0,760	13,18	20,80	19,98	226,0	48,3	91,4	16,1
18,5	30	L	1,760	0,760	13,54	26,07	23,88	270,1	60,6	110,2	20,2
19	34,25	L	1,760	0,760	13,90	29,53	28,00	316,7	74,5	130,4	24,8
19,5	38,5	L	1,760	0,760	14,26	32,93	31,76	359,2	90,0	149,7	30,0
20	42,75	L	1,760	0,760	14,62	36,29	35,16	397,6	107,1	168,2	35,7
20,5	47	L	2,043	1,043	15,28	39,34	38,19	431,9	125,6	185,9	41,9
21	50,25	L	2,043	1,043	15,81	41,61	40,59	459,0	145,2	201,4	48,4
21,5	53,5	L	2,043	1,043	16,33	43,83	42,54	481,2	165,9	215,7	55,3
22	56,75	L	2,043	1,043	16,85	46,00	44,07	498,4	187,6	228,7	62,5
22,5	60	L	2,043	1,043	17,37	48,13	45,17	510,9	210,3	240,4	70,1
23	60	L	2,043	1,043	17,89	47,63	45,90	519,1	232,7	250,6	77,6
23,5	60	L	2,043	1,043	18,41	47,14	46,51	526,0	254,9	260,3	85,0
24	60	L	2,043	1,043	18,93	46,66	46,96	531,1	276,9	269,3	92,3
24,5	60	L	2,043	1,043	19,46	46,19	47,15	533,2	298,7	277,3	99,6

Lampiran 3-BD

Daya dukung tiang pancang D 70 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr pakai	N rata-rata Ujung	Q ujung (ton)	Σ Rsi (ton)	Q ijin = Qult/SF SF = 3 (ton)	Q ijin tarik = Σ Rsi/SF SF = 3 ton (ton)
0	0	L	1,723	0,723	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	0	L	1,723	0,723	0,18	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0	L	1,723	0,723	0,54	0	0,07	1,1	0,0	0,4	0,0
1,5	0	L	1,723	0,723	0,90	0	0,19	2,9	0,0	1,0	0,0
2	0	L	1,723	0,723	1,27	0	0,33	5,0	0,0	1,7	0,0
2,5	0	L	1,723	0,723	1,63	0	0,53	8,1	0,0	2,7	0,0
3	0,25	L	1,723	0,723	1,99	0,5	0,76	11,7	0,3	4,0	0,1
3,5	0,5	L	1,723	0,723	2,35	1,0	1,02	15,7	0,9	5,5	0,3
4	0,75	L	1,723	0,723	2,71	1,4	1,31	20,2	1,7	7,3	0,6
4,5	1	L	1,723	0,723	3,07	1,8	1,62	25,0	2,7	9,2	0,9
5	1,25	L	1,785	0,785	3,45	2,1	1,84	28,4	3,8	10,7	1,3
5,5	1,5	L	1,785	0,785	3,84	2,4	1,93	29,7	5,1	11,6	1,7
6	1,75	L	1,785	0,785	4,24	2,6	1,88	29,0	6,5	11,8	2,2
6,5	2	L	1,785	0,785	4,63	2,8	1,72	26,5	8,1	11,5	2,7
7	1,5	L	1,785	0,785	5,02	2,0	1,53	23,5	9,2	10,9	3,1
7,5	1	L	1,785	0,785	5,41	1,3	1,29	19,9	9,9	9,9	3,3
8	0,5	L	1,785	0,785	5,81	0,6	1,03	15,8	10,2	8,7	3,4
8,5	0	L	1,785	0,785	6,20	0	0,74	11,4	10,2	7,2	3,4
9	0	L	1,785	0,785	6,59	0	0,51	7,9	10,2	6,0	3,4
9,5	0	L	1,785	0,785	6,99	0	0,45	7,0	10,2	5,7	3,4
10	0	L	1,785	0,785	7,38	0	0,55	8,5	10,2	6,2	3,4
10,5	0	L	1,722	0,722	7,76	0	0,81	12,4	10,2	7,5	3,4
11	0,75	L	1,722	0,722	8,12	0,74	1,15	17,7	10,6	9,4	3,5
11,5	1,5	L	1,722	0,722	8,48	1,46	1,52	23,3	11,4	11,6	3,8
12	2,25	L	1,722	0,722	8,84	2,18	1,91	29,3	12,6	14,0	4,2
12,5	3	L	1,722	0,722	9,20	2,88	2,32	35,7	14,2	16,6	4,7
13	3,25	L	1,722	0,722	9,56	3,09	2,75	42,4	15,9	19,4	5,3
13,5	3,5	L	1,722	0,722	9,92	3,30	3,13	48,1	17,7	21,9	5,9
14	3,75	L	1,722	0,722	10,28	3,51	3,44	53,0	19,6	24,2	6,5
14,5	4	L	1,760	0,760	10,65	3,71	3,70	56,9	21,7	26,2	7,2
15	4,25	L	1,760	0,760	11,01	3,91	4,49	69,1	23,8	31,0	7,9
15,5	4,5	L	1,760	0,760	11,37	4,10	5,86	90,2	26,1	38,8	8,7
16	4,75	L	1,760	0,760	11,73	4,30	7,81	120,2	28,4	49,5	9,5
16,5	5	L	1,760	0,760	12,09	4,48	10,31	158,8	30,9	63,2	10,3
17	11,25	L	1,760	0,760	12,46	10,01	13,18	202,9	36,4	79,8	12,1
17,5	17,5	L	1,760	0,760	12,82	15,45	16,41	252,6	44,9	99,2	15,0
18	23,75	L	1,760	0,760	13,18	20,80	19,98	307,6	56,3	121,3	18,8
18,5	30	L	1,760	0,760	13,54	26,07	23,88	367,6	70,7	146,1	23,6
19	34,25	L	1,760	0,760	13,90	29,53	28,00	431,1	86,9	172,7	29,0
19,5	38,5	L	1,760	0,760	14,26	32,93	31,76	488,9	105,0	198,0	35,0
20	42,75	L	1,760	0,760	14,62	36,29	35,16	541,2	125,0	222,0	41,7
20,5	47	L	2,043	1,043	15,28	39,34	38,19	587,9	146,6	244,8	48,9
21	50,25	L	2,043	1,043	15,81	41,61	40,59	624,8	169,5	264,8	56,5
21,5	53,5	L	2,043	1,043	16,33	43,83	42,54	654,9	193,6	282,8	64,5
22	56,75	L	2,043	1,043	16,85	46,00	44,07	678,4	218,8	299,1	72,9
22,5	60	L	2,043	1,043	17,37	48,13	45,17	695,3	245,3	313,5	81,8
23	60	L	2,043	1,043	17,89	47,63	45,90	706,5	271,5	326,0	90,5
23,5	60	L	2,043	1,043	18,41	47,14	46,51	716,0	297,4	337,8	99,1
24	60	L	2,043	1,043	18,93	46,66	46,96	722,9	323,1	348,6	107,7
24,5	60	L	2,043	1,043	19,46	46,19	47,15	725,8	348,5	358,1	116,2

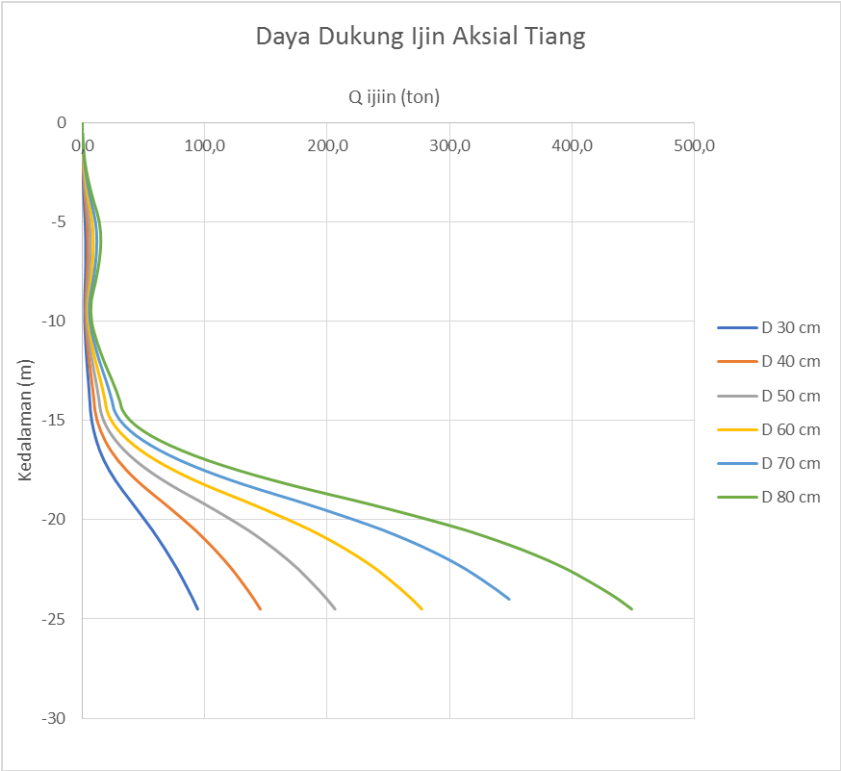
Lampiran 3-BE

Daya dukung tiang pancang D 80 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	γ_{sat} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Po (t/m ²)	N Corr pakai	N rata-rata Ujung	Q ujung (ton)	Σ Rsi (ton)	Q ijin = Qult/SF SF = 3 (ton)	Q ijin tarik = Σ Rsi/SF SF = 3 ton (ton)
0	0	L	1,723	0,723	0,00	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
0,5	0	L	1,723	0,723	0,18	0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0	L	1,723	0,723	0,54	0	0,07	1,4	0,0	0,5	0,0
1,5	0	L	1,723	0,723	0,90	0	0,19	3,8	0,0	1,3	0,0
2	0	L	1,723	0,723	1,27	0	0,33	6,6	0,0	2,2	0,0
2,5	0	L	1,723	0,723	1,63	0	0,53	10,6	0,0	3,5	0,0
3	0,25	L	1,723	0,723	1,99	0,5	0,76	15,3	0,3	5,2	0,1
3,5	0,5	L	1,723	0,723	2,35	1,0	1,02	20,5	1,0	7,2	0,3
4	0,75	L	1,723	0,723	2,71	1,4	1,31	26,4	1,9	9,4	0,6
4,5	1	L	1,723	0,723	3,07	1,8	1,62	32,6	3,0	11,9	1,0
5	1,25	L	1,785	0,785	3,45	2,1	1,84	37,1	4,3	13,8	1,4
5,5	1,5	L	1,785	0,785	3,84	2,4	1,93	38,8	5,8	14,9	1,9
6	1,75	L	1,785	0,785	4,24	2,6	1,88	37,9	7,5	15,1	2,5
6,5	2	L	1,785	0,785	4,63	2,8	1,72	34,7	9,2	14,6	3,1
7	1,5	L	1,785	0,785	5,02	2,0	1,53	30,7	10,5	13,7	3,5
7,5	1	L	1,785	0,785	5,41	1,3	1,29	26,0	11,3	12,4	3,8
8	0,5	L	1,785	0,785	5,81	0,6	1,03	20,7	11,7	10,8	3,9
8,5	0	L	1,785	0,785	6,20	0	0,74	14,9	11,7	8,8	3,9
9	0	L	1,785	0,785	6,59	0	0,51	10,3	11,7	7,3	3,9
9,5	0	L	1,785	0,785	6,99	0	0,45	9,1	11,7	6,9	3,9
10	0	L	1,785	0,785	7,38	0	0,55	11,1	11,7	7,6	3,9
10,5	0	L	1,722	0,722	7,76	0	0,81	16,2	11,7	9,3	3,9
11	0,75	L	1,722	0,722	8,12	0,74	1,15	23,1	12,1	11,7	4,0
11,5	1,5	L	1,722	0,722	8,48	1,46	1,52	30,5	13,0	14,5	4,3
12	2,25	L	1,722	0,722	8,84	2,18	1,91	38,3	14,4	17,6	4,8
12,5	3	L	1,722	0,722	9,20	2,88	2,32	46,6	16,2	20,9	5,4
13	3,25	L	1,722	0,722	9,56	3,09	2,75	55,3	18,2	24,5	6,1
13,5	3,5	L	1,722	0,722	9,92	3,30	3,13	62,9	20,2	27,7	6,7
14	3,75	L	1,722	0,722	10,28	3,51	3,44	69,2	22,4	30,5	7,5
14,5	4	L	1,760	0,760	10,65	3,71	3,70	74,3	24,8	33,0	8,3
15	4,25	L	1,760	0,760	11,01	3,91	4,49	90,3	27,2	39,2	9,1
15,5	4,5	L	1,760	0,760	11,37	4,10	5,86	117,9	29,8	49,2	9,9
16	4,75	L	1,760	0,760	11,73	4,30	7,81	157,0	32,5	63,2	10,8
16,5	5	L	1,760	0,760	12,09	4,48	10,31	207,4	35,3	80,9	11,8
17	11,25	L	1,760	0,760	12,46	10,01	13,18	265,0	41,6	102,2	13,9
17,5	17,5	L	1,760	0,760	12,82	15,45	16,41	329,9	51,3	127,1	17,1
18	23,75	L	1,760	0,760	13,18	20,80	19,98	401,8	64,4	155,4	21,5
18,5	30	L	1,760	0,760	13,54	26,07	23,88	480,1	80,8	186,9	26,9
19	34,25	L	1,760	0,760	13,90	29,53	28,00	563,0	99,3	220,8	33,1
19,5	38,5	L	1,760	0,760	14,26	32,93	31,76	638,6	120,0	252,9	40,0
20	42,75	L	1,760	0,760	14,62	36,29	35,16	706,8	142,8	283,2	47,6
20,5	47	L	2,043	1,043	15,28	39,34	38,19	767,9	167,5	311,8	55,8
21	50,25	L	2,043	1,043	15,81	41,61	40,59	816,1	193,7	336,6	64,6
21,5	53,5	L	2,043	1,043	16,33	43,83	42,54	855,4	221,2	358,9	73,7
22	56,75	L	2,043	1,043	16,85	46,00	44,07	886,1	250,1	378,7	83,4
22,5	60	L	2,043	1,043	17,37	48,13	45,17	908,2	280,3	396,2	93,4
23	60	L	2,043	1,043	17,89	47,63	45,90	922,8	310,3	411,0	103,4
23,5	60	L	2,043	1,043	18,41	47,14	46,51	935,1	339,9	425,0	113,3
24	60	L	2,043	1,043	18,93	46,66	46,96	944,1	369,2	437,8	123,1
24,5	60	L	2,043	1,043	19,46	46,19	47,15	948,0	398,2	448,7	132,7

Lampiran 3-BF

Grafik daya dukung tiang pancang



Biodata Penulis



Aditya Winahyo Eka Putra,

Penulis dilahirkan di Surabaya 10 Oktober 1993, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Anyelir 1 (Depok,Jawa Barat), SMPN 2 Depok (Depok,Jawa Barat), SMAN 6 Depok (Depok,Jawa Barat) dan D III Politeknik Negeri Jakarta (Depok,Jawa Barat). Penulis pernah bekerja di perusahaan PT. Beton

Konstruksi Wijaksana dengan posisi sebagai Site Engineer. penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS danditerima di Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 03111645 000 058. Untuk pertanyaan mengenai Tugas Akhir dapat menghubungi penulis via email:a.winahyo@yahoo.com